

ZUR GEOLOGIE DES MONTEFELTRO ZWISCHEN SAN MARINO UND MERCATO SARACENO

(Prov. Forlì, Pesaro und Republik von San Marino)

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Wolfgang Stern

aus Berlin

1969

Druck:
ERNST-REUTER-GESELLSCHAFT
der Förderer und Freunde der Freien Universität Berlin e. V.
DISSERTATIONS-DRUCKSTELLE
1 Berlin 33, Garystr. 45

ZUR GEOLOGIE DES MONTEFELTRO ZWISCHEN SAN MARINO UND MERCATO SARACENO

(Prov. Forli, Pesaro und Republik von San Marino)

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Wolfgang Stern

aus Berlin

1. Referent: Prof. Dr. M. Richter

2. Referent: Prof. Dr. W.G. Kühne

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Februar 1969

Tag der Promotion: 22. JULI 1969



Inhaltsverzeichnis

Seite

A	Vorwort.....	5
B	Einleitung.....	6
1.	Lage und Begrenzung des Arbeitsgebietes.....	6
2.	Aufgabenstellung.....	6
3.	Arbeitsunterlagen, Allgemeines.....	7
4.	Morphologie, Hydrographie und Aufschluß- verhältnisse.....	8
C	Historischer Überblick.....	9
D	<u>Stratigraphie</u>	12
1.	Vorbemerkungen.....	12
2.	Einführung zum Autochthon.....	12
2.1.	Marecchia-Serie.....	14
2.2.	Serie von Mercato Saraceno.....	19
2.2.1.	Die Fossilien der Serie von Mercato Saraceno..	21
2.3.	Die "Formazione marnoso arenacea" südlich des Marecchiatales.....	24
2.4.	Olisthostrom-Argille (Argille caotiche I).....	25
2.5.	Kalksandstein von il Casino.....	27
2.6.	Untere Fanante Mergel.....	31
2.7.	Gips 1.....	34
2.8.	Obere Fanante Mergel.....	36
2.9.	M. Spelano-Serie.....	37
2.10.	Sandstein von Tornano.....	39
3.	Allochthon.....	42
3.1.	Einführung zum Allochthon.....	42
3.2.	Argille caotiche (Argille caotiche II, III und Argille von Ca Maiano).....	43
3.3.	Ophiolithbrekzie.....	51
3.4.	Carpegna-Alberese.....	53
3.4.1.	Alberese-Blockfelder auf Argille caotiche.....	61
3.5.	M. Ercole-Sandstein.....	61
3.6.	T. Mazzocco-Serie.....	66
3.7.	Titano-Fumaiolo-Gruppe.....	67
3.7.1.	Vorbemerkungen.....	67
3.7.2.	San Marino.....	74

	Seite
3.7.3. San Leo.....	82
3.7.4. Secchiano/M. Ceti.....	82
3.7.5. Montebello.....	87
3.7.6. Torriana.....	89
3.7.7. Borgnano.....	90
3.7.8. Verucchio u.a.	90
3.8. Zur Entstehung der Sedimente der Titano- Fumaiolo-Gruppe.....	95
4. Neautochthon.....	98
4.1. Mergelserie von Domagnano.....	98
5. Quartär.....	99
5.1. Hangschutt.....	99
5.2. Hangschuttbrekzie.....	100
5.3. Bergstürze und Bergrutsche.....	100
5.4. Flußschotter.....	100
 E <u>Tektonik</u>	 102
1. Einleitung.....	102
2. Tektonik des Autochthon.....	102
3. Tektonik des Allochthon.....	113
3.1. Argille caotiche.....	113
3.2. Die Olistholithe des Marecchiaolisthostroms.	119
3.2.1. Titano-Fumaiolo-Gruppe.....	122
3.2.2. Carpegna-Alberese.....	126
3.2.3. M. Ercole-Sandstein.....	127
4. Neautochthon.....	128
5. Die Störungssysteme.....	128
6. Zur Herkunft des Allochthon.....	130
7. Ablauf und Alter der Bewegungen.....	131
 F Zusammenfassung und Ergebnis.....	 133
G Literaturverzeichnis.....	136
H Lebenslauf.....	152
 I Anlagen:	
1 Geologische Karte	
1 Tektonische Karte	
1 Profiltafel	

A. V O R W O R T

Die hier vorliegende Arbeit entstand im Rahmen geologischer Untersuchungen, die das Geologische Institut der Freien Universität Berlin seit einer Reihe von Jahren unter der Leitung von Herrn Professor Dr. Max Richter im Apennin durchführt.

Ich danke meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Richter, nicht nur für seine Anregung zu dieser Arbeit, sondern auch für das stetige Interesse an meinen Problemen und die Ausbildung, die er mir während meines Studiums zuteil werden ließ.

Herrn Prof. W.G. Kühne danke ich für die Ausbildung und für die guten Arbeitsmöglichkeiten in seinem Hause.

Besonderer Dank gilt Herrn Priv. Dozent Dr. K.J. Reutter. Er führte mich in mein Gelände ein und machte mich bei Geländebegehungen sowie anregenden Unterhaltungen mit der Geologie des Nördapennin vertraut.

Die Bestimmungen einiger Schlammproben übernahmen dankenswerterweise Herr Professor H. Hagn und Herr Dipl. Geol. G. Dremel (beide München). Ihre Arbeiten waren für mich von großem Wert.

Weiterhin bedanke ich mich bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft, durch deren finanziellen Zuschuß ich eine wesentliche Unterstützung hatte.

B. EINLEITUNG

1. Lage und Begrenzung des Arbeitsgebietes

Das in dieser Arbeit beschriebene Gebiet muß im Zusammenhang mit den übrigen vom Geologischen Institut der F.U.B. vergebenen Arbeiten im Apennin gesehen werden. Es ist nur zwischen 10 und 40 km von der Küstenlinie des Adriatischen Meeres entfernt und stellt in diesem Rahmen das am weitesten zum östlichen Apenninrand vorgeschobene Gebiet dar. Es umfaßt einen Teil der Provinzen Pesaro/Urbino und Forli sowie die Republik San Marino (Abb. 1).

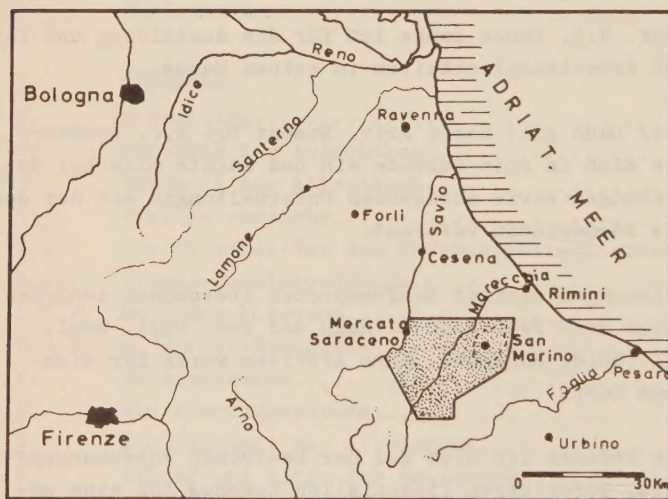


Abb. 1 Lage des Untersuchungsgebietes

2. Aufgabenstellung

Da diese Arbeit der erste Beitrag des Geologischen Institutes der Freien Universität Berlin in dieser Außenzone des Apennin ist, war eine der Hauptaufgaben die Vervollkommnung bzw. Über-

prüfung der Stratigraphie unter besonderer Berücksichtigung der Mikropaläontologie. Dazu sollte das tektonische Verhalten der verschiedenen Einheiten zueinander sowie das Einpassen in den zeitlichen Ablauf der umbro-romagnolischen Zone diskutiert werden.

Weiterhin sollte die Bedeutung der Olisthostrome und ihr Vordringen bis an den E Rand des Gebirges geklärt werden.

Außerdem erschien es berechtigt, auch auf die historische Entwicklung, die zur geologischen Erkundung dieses Gebietes führte, etwas näher einzugehen.

3. Arbeitsunterlagen, Allgemeines

Als Kartierungsunterlagen dienten folgende Maßstabsblätter des Istituto Geografico Militare im Maßstab 1 : 25 000 : Sapigno, Casteldelci, Montegelli, Novafeltria, Pennabilli, San Marino, San Leo, Montescudo, Monte Grimano.

Das etwa 390 km² umfassende Gebiet wurde überwiegend im Maßstab 1 : 10 000 aufgenommen. Nachträglich wurde die ganze Karte wieder auf 1 : 25 000 verkleinert.

Die Geländearbeit wurde in den Sommermonaten 1963-64 und 1966-67 ausgeführt. Dabei wurden insgesamt 390 Proben entnommen und bearbeitet.

Geologische Kartenunterlagen sind für dieses Gebiet nur in begrenztem Umfang vorhanden. Zugänglich war die geologische Karte Italiens, Blatt Mercato Saraceno 1 : 100 000, von P. PRINCIPI in den Jahren 1933-37 bearbeitet, dazu Übersichtskarten von R. BEHRMANN (1933-34) 1 : 400 000 und G. MERLA (1957) 1 : 1 Mill.; eine Karte der tektonischen Einheiten des Nordapennin von K.J. REUTER (1966) sowie zwei kleine Detailkarten von G. RUGGIERI (1954/1958) und von F. RICCI LUCCHI/S. D'ONOFRIO (1967).

4. Morphologie, Hydrographie und Aufschlußverhältnisse

Das Untersuchungsgebiet liegt am heutigen morphologischen Ostrand des Apennin und befindet sich daher am Übergangsbereich zu der ausgeprägten, mehrere km breiten, adriatischen Küstenebene.

Berücksichtigt man nur die autochthonen Gesteine, so ist generell vom W nach E fortschreitend ein Abnehmen der Gipfelhöhen festzustellen. Dazwischen schiebt sich jedoch eine breite Zone allochthonen Materials, dessen Klippen die höchsten Erhebungen des gesamten Gebietes darstellen (z.B. M. Carpegna 1415 m, M. S. Marco 1234 m, M. Canale 1052 m, M. Ercole 937 m).

Lage und Beschaffenheit der Gesteine sowie die Wirkung der Erosion ergeben sehr unterschiedliche Aufschlußverhältnisse. Vielfach treten tonige und mergelige Gesteine sowohl im Autochthon als auch im Allochthon auf. Dadurch entstehen weiche abgerundete Geländeformen, auf denen sich die härteren Sandsteine und Kalke oftmals mit Steilkanten klippenartig erheben. Durch ihre Plastizität bewirken die Tone Rutschungen, häufiges Zerbrechen der Klippen sowie an den Rändern Bergstürze von z.T. beträchtlichen Ausmaßen.

Das Gebiet befindet sich östlich der apenninischen Wasserscheide. Daher erfolgt die Entwässerung generell zur Adria. Das Fluß- und Bachnetz folgt zumeist den großen tektonischen Hauptrichtungen von SW nach NE senkrecht zum Generalstreichen des Apennin oder parallel dazu. Die Oberläufe der Bäche haben sich in die flyschartigen bzw. molasseartigen Abfolgen des Autochthons v-förmig eingeschnitten, in den Unterläufen und in den Flüssen reicht die Kraft der Erosion dazu nicht aus. So hat die Marecchia z.B. im Arbeitsgebiet ein Flußbett von etwa 27 km Länge zu durchfließen und überwindet dabei nur einen Höhenunterschied von 300 m, das entspricht 1,1 Prozent Gefälle.

C. HISTORISCHER ÜBERBLICK

Mehr als hundert Jahre intensiver geologischer Erforschung des Apennin haben eine Fülle neuer Ideen und Theorien zur Entstehung des komplizierten Bauplanes dieses Gebirges ergeben. Es ist daher auch nicht verwunderlich, daß noch heute, zum Teil bedingt durch noch lückenhafte Bearbeitung, stark voneinander abweichende geologische Vorstellungen bestehen.

Die Geologen der sogenannten klassischen Epoche stellten im letzten Jahrzehnt vor der Jahrhundertwende ein Profil auf, das auf völliger Autochthonie der auftretenden Gesteine beruhte. Ausgehend von den mesozoischen Serien der Apuaner Alpen, erkannten sie darauf eine Flyschfolge mit Nummuliten, den Sandsteinkomplex des "Macigno", die "Argille scagliose" mit ihren Begleitgesteinen sowie im hangenden eine Kalk-Mergelfazies, den Alberese. Diese gesamte Folge stellten B. LOTTI, C. DE STEFANI und D. ZACCAGNA ins Eozän.

1895 verwarf als erster F. SACCO die Einfachheit dieser Gliederung. Er erkannte nach Ammonitenfunden den "Argille scagliose" mit den dazugehörigen Ophiolithen ein kretazisches Alter zu, die Überlagerung der tertiären Serien durch kretazisches Material erklärte er jedoch mit großen liegenden Falten. Diese Erkenntnis nutzte G. STEINMANN (1907) für die Idee seines "großartigen Deckenbaus" nach alpinem Muster. Nach seiner Auffassung überfuhren Gesteine eines ligurischen Faziesbereiches der im Bereich der heutigen Tyrrhenis gelegen haben soll, Serien eines ehemaligen toskanischen Troges von W nach E in Form einer großen Decke bis an den Rand der Adria. STEINMANN prägte später (1925) dafür die Begriffe "Liguriden" und "Toskaniden". Mit dieser Deckentheorie arbeiteten in den dreißiger Jahren N. TILMANN (1926), J. SCHNEIDER (1935), R. TEICHMÜLLER (1935) und R. BEHRMANN (1936).

R. STAUB (1932) forderte eine Bewegungsrichtung von NE nach SW, da er das Ursprungsgebiet der Liguriden in der Emilia

suchte. H. STILLE (1927) deutete das Auftreten westvergenter Falten als "Rückfaltung des Apennin".

Erstmals lehnte P. DE WIJKERSLOOTH (1934) eine Überschiebung im alpinen Sinne ab. Er erklärte sie stattdessen mit gravitativen Abgleitungsvorgängen.

In Fortführung dieser Gedanken entwickelte C.J. MIGLIORINI (1948) folgende Idee: Fortschreitend von W nach E kam es durch Kompressionen zu Aufwölbungen, von denen verschiedene Male Gesteinsmassen gravitativ abglitten (Theorie der cunei composti). G. MERLA (1952) nahm 6-7 "Runzeln" an, d. h. nebeneinanderliegende Aufbeulungen, die sich vom Oligozän bis zum Pliozän von der Tyrrhenis bis zur Adria nacheinander hoben und dadurch das Weitergleiten der ligurischen Sedimente in Form von orogenen Bergstürzen (Frane orogeniche) bis zum E Rand des Apennin ermöglichten. Dabei fand sich auch eine Erklärung dafür, daß die Argille scagliose nach E fortschreitend immer chaotischer ausgebildet sind und daß Ophiolithe immer seltener auftreten.

Einen ausgeprägten Deckenbau im Nordapennin sahen P. ELTER, E. GIANNINI, M. TONGIORGI und L. TREVISAN (1961). Sie bezogen die Sedimente aus zwei Ablagerungsgebieten. Ihrer Ansicht nach überlagern allochthone Decken eine autochthone Einheit in folgender Verteilung:

- a) nichtmetamorphe Sedimente der Toskaniden II überfahren metamorphe Sedimente der Toskaniden I = falda toscana
- b) falda dell'Alberese (Kalk-Ton-Serie, sowie Tertiär- und Oberkreide Alberese)
- c) falda ofiolitifera (Komplex der Argille scagliose)
- d) falda dell'Flysch ad Helmintoidi (diese oberste Decke über allen vorherigen setzt sich aus Monte Antola-, Caio-, Cassio-Alberese zusammen).

L.U. DE SITTER (1956) und M. RICHTER (1960) bestritten in ihren Arbeiten einen Deckenbau solcher Ausmaße. Sie deuteten die allochthone Lagerung der ligurischen Argille scagliose auf dem Tertiär mit Diapirfaltungen und dadurch hervorgerufenen Diapirüberschiebungen, die nach RICHTER dennoch eine Über-

schiebungsweite von 20-30 km erreichen können. Außerdem wies er auf die Diskrepanz zwischen Mächtigkeit und regionaler Verbreitung dieser Serien hin und vertrat die Ansicht, daß die Liguriden heute noch ungefähr in ihrem ehemaligen Ablagerungsbereich anzutreffen sind.

1964 gliederten K.J. REUTTER und C.W. SAMES dem toskanischen Bereich und dem ligurischen Trog einen dritten, emilianischen Ablagerungsraum an. Es wird damit die Idee der Gleitdecken beibehalten, es entfallen aber die großen Überschiebungsweiten. Die Gesteine dieses emilianischen Gebietes (Emilianikum) unterscheiden sich in ihrer Fazies und ihrem tektonischen Verhalten vom Ligurikum. Trotz der von REUTTER und SAMES erkannten Abweichungen zwischen ligurischen und vergleichbaren emilianischen Serien ordneten F. BALDACCI, P. ELTER u.a. (1967) den Komplex des Monte Modino - Monte Cervarola mit stratigraphischem Kontakt dem toskanischen Macigno zu (vergl. Kap. D. 1.2.).

Dem Emilianikum ist nach E eine junge Außenzone angeschlossen, die überwiegend aus flyschartigen bzw. molasseartigen Sedimenten aufgebaut ist. Dieser Zone, bekannt als Umbro-Markischer Faziesraum, gehört vom geologischen Blickpunkt aus gesehen, das Kartierungsgebiet an.

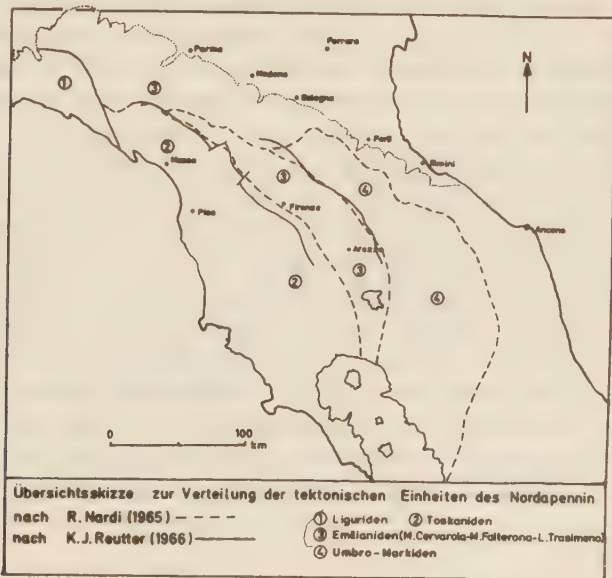


Abb. 2

D. STRATIGRAPHIE

1. Vorbemerkungen

Bei der Bearbeitung der Gesteinsserien erwies es sich als erforderlich, drei verschiedene tektonische Einheiten voneinander zu unterscheiden. Dabei wird der Komplex der allochthonen Massen, zugleich der größte Teil des Untersuchungsgebietes, im Westen von den autochthonen Sedimenten und im Osten von den neoautochthonen Gesteinen begrenzt.

2. Einführung zum Autochthon

Die mächtigen tertiären Grauwackenflysche des Nordapennin wurden zunächst nicht untergliedert und daher einheitlich als Macigno bezeichnet. Erst R. SIGNORINI (1945) versuchte darin verschiedene Faziesbereiche zu differenzieren. Er gliederte den Macigno in Typ A als Hauptkamm-Macigno mit oligozänem Alter, in Typ B des Aquitan, der etwa zwischen Mugello, Casentino bis zum Trasimenischen See auftritt und etwa dem Modino- und Cervarolasandstein entspricht und in den faziellen Typ C der umbro-romagnolischen Außenzone mit der miozänen Formazione marnoso arenacea. In den Arbeiten von R. NARDI und M. TONGIORGI (1962), R. NARDI (1965) sowie F. BALDACCI, P. ELTER, E. GIANNINI, G. GIGLIA, R. NARDI, A. LAZZAROTTO und M. TONGIORGI (1967) wird die Ansicht vertreten, daß die zwischen dem Komplex der Formazione marnoso arenacea (Typ C) und dem Macigno (Typ A) gelegene Modino-Cervarola Einheit (Typ B) auch stratigraphische Übergänge zum Macigno aufweist. Die Schlußfolgerung daraus ist, daß diese Einheit die Fortsetzung der Macignosedimentation der Toskaniden ist und nur durch die Einschaltung von Olisthostromen unterbrochen wird. Im Gegensatz dazu sind K.J. REUTTER und C.W. SAMES (1964), K.J. REUTTER (1966) der Auffassung, daß man einen "emilianischen Außentrog" NE des ligurischen bzw. toskanischen Sedimentationsraumes annehmen kann. Tektonisch oder sedimentär (s.o.) liegt die Modino-Cervarola Einheit im SW mit ihren Basisserien auf dem Macigno der Toskaniden II und im NE auf den sogenannten Umbro-Markiden.

Als Umbro-Markiden sind die autochthonen Serien am NE-Rand des Apennin zu verstehen. Für den Bereich nördlich des Marecchiatals verwendet man jedoch für dieses Autochthon besser die Bezeichnung romagnolischer Faziesraum, da sich anzudeuten scheint, daß ein einheitlicher umbro-markischer Raum nach der bisherigen Begriffsbestimmung nicht bestanden hat. Nach C. MIGLIORINI und P.H. KUENEN (1950) sowie G. MERLA (1957) handelt es sich dabei ebenso wie beim Macigno um re-sedimentierte Sedimente. Durch turbidity currents glitten im Schelfbereich abgelagerte Sande schnell in tiefere Lagen. Durch die Umsedimentierung entstanden das typische graded bedding und die Flutmarken und Schleifspuren an den Schichtunterflächen.

Die regionale Verbreitung der Umbro-Markiden erstreckt sich über mehrere hundert km. Im N tauchen sie in einem etwa 30 km breiten Streifen im Bereich des Idice in NW Richtung unter die emilianischen Gesteine. Nordöstlich oder nordwestlich davon wurde kein weiteres Vorkommen mehr aufgefunden, wenn man die faziell andersartigen Gesteine von Salsomaggiore (Parma) nicht dazurechnet. Hinweise, wo das primäre nördliche Ende dieses miozänen Troges zu finden ist, sind nicht vorhanden. Es besteht die Möglichkeit, daß die Einheit ihre NW gerichtete Erstreckung beibehält. Genauso ist es möglich, daß sie unter den sie bedeckenden Emilianiden nach NE in die Poebene abbiegt. Nach S setzt sie sich von der Marecchia-Störungszone über Perugia bis zu den Vulkangebieten nördlich von Rom fort.

Die im folgenden beschriebenen autochthonen Serien gehören z.T. der Formazione marnoso-arenacea (Marecchia-Serie, Serie von Mercato Saraceno) an, z.T. werden sie in einem getrennten, auf dieser Formation liegenden Komplex (Fanante Mergel, Gips I, M. Spelano-Serie, Sandstein von Tornano) zusammengefaßt. Die im Liegenden der Marecchia-Serie anzutreffenden Tevere Mergel, die die Basisserie der Formazione marnoso arenacea darstellen, wurden nicht mehr berücksichtigt.

2.1. Marecchia-Serie

Der Name Marecchia-Serie wird in Übereinstimmung mit W. FREY (1968) neu eingeführt. Er umfaßt im wesentlichen die mittleren Partien der Formazione marnoso-arenacea, die damit erstmalig unterteilt wird. (vergl. Kap. D.2.2.) Die Marecchia-Serie ist das tiefste aufgeschlossene autochthone Schichtglied in diesem Gebiet. Sie wurde im W des Gebietes etwa mit einem Areal von 10 km^2 in die Kartierung einbezogen, das, wie aus dem folgenden hervorgeht, sehr unterschiedlich aufgeschlossen ist. Im allgemeinen zeigt sich am Aufschluß das Bild eines wohlgeschichteten Sediments, jedoch verwischt sich diese Eigenschaft mit dem von W nach E zunehmend höheren Mergelgehalt.

Im Tal der Marecchia, etwa zwischen der Einmündung des Senatello und der Linie Mno.d.Fornace - Ca Brillì, besteht die Marecchia-Serie aus einer rhythmisch abgelagerten Gesteinsserie, deren Schichten sich über lange Strecken gleich mächtig und faziell völlig unverändert beobachten lassen. Man muß das Sediment hier als typisches Flyschsediment ansehen.

Meist beginnt der Ablauf eines Sedimentationsrhythmus mit einer selten mehr als 15 cm dicken, graubraunen, gradierten Sandsteinbank, deren Schichtunterseite Unterflächenstrukturen wie flute casts und groove casts aufweist. Darauf folgt ein mehr oder weniger ausgeprägtes Schichtglied aus Sandmergeln oder feinlaminierten mergeligen Sandsteinen, die von mittel- bis dunkelgrauen Mergeln verschiedener Mächtigkeiten abgelöst werden. In die Mergel sind gelegentlich Kalkbänke eingelagert. Die Sandmergelpartien oder die reinen Mergel erreichen oft Mächtigkeiten von mehreren Metern. Sie sind alternierend angeordnet, so daß zwischen den Großrhythmen (von einer Sandsteinbank zur nächstfolgenden) untergeordnete Sequenzen auftreten können.

SW von S. Agata Feltria vereinigen sich die tiefeingeschnittenen Bachtäler des Fosso Cerafosso, Fosso dei Laghi und Fosso dei Ronchi zum Torrente Marecchiola. In diesem Gebiet sind die hangenden Partien der Serie aufgeschlossen.

Die Marecchia-Serie ist hier dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil der Mergel zugunsten der Sandsteine beträchtlich zu-

genommen hat. Es läßt sich also eine wachsende Tendenz der Vermergelung der Abfolge von SW nach NE feststellen. Dieser Bereich ist durch Badlandlandschaft mit spärlichem Bewuchs gekennzeichnet. Die fazielle Ausbildung der Serie im T. Marecchiola kann nicht mehr als echte Flyschablagerung bezeichnet werden (vergl. Kap. E.2.).

Abb. 3 veranschaulicht anhand von ausgewählten, als repräsentativ zu betrachtenden Kurven den Wechsel in Mächtigkeit und Häufigkeit der einzelnen Schichtglieder zwischen dem unteren bis mittleren und dem oberen Bereich der Marecchia-Serie.

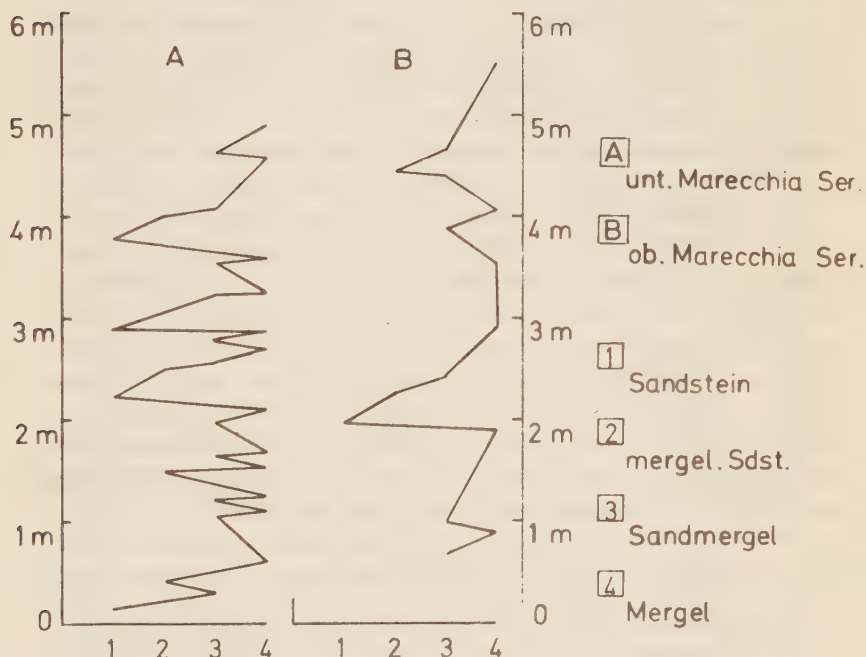


Abb. 3 Rhythmogramm zur Verdeutlichung der unterschiedlichen Ausbildung innerhalb der Marecchia-Serie

Eine petrographische Untersuchung der Sandsteinbänke ergab, daß im Gegensatz zum toskanischen Macigno, der reich an

Feldspäten aber arm an CaCO_3 ist, ein Psammit mit karbonatischer Grundmasse vorliegt, in den viele z.T. lagig eingeordnete Quarzkörner eingebettet sind. Untergeordnet werden Orthoklase und Plagioklase (einige wurden als Anorthit bestimmt) sowie Biotit und Muskowit gefunden. Zu analogen Ergebnissen kommt P. PASSERINI (1958) bei Untersuchungen an Sandsteinbänken im oberen Saviotal. Er gibt folgende Zusammensetzung an: 30-50 % Quarz, Kalzit und Mergel als Zement oder Matrix, 25-50 % Feldspäte, wobei Orthoklase häufiger sind als Plagioklase. Glimmer und opake Mineralien sind selten.

Die Mächtigkeit der Marecchia-Serie zu bestimmen ist schwierig, da sie nicht überall aufgeschlossen ist. Wegen der Monotonie der Sedimentation gelingt es meist nicht, Korrelationshorizonte auszuschneiden. Ebenso ist es bis heute noch nicht möglich, einzelne Schichtkomplexe, z.B. anhand von Foraminiferen miteinander zu vergleichen. Es wäre dazu ein Studium der Evolution der meist monotonen Mikrofauna nötig. G. MERLA (1952) berechnet für die Marnoso-arenacea eine Mächtigkeit von 2000 - 3000 m. 1957 bekräftigt er diese Aussage mit dem Hinweis, die Ablage der Sedimente sei durch turbidity currents entstanden. Diese Angabe übernimmt RUGGIERI (1958) und weist noch einmal auf die Schwierigkeit hin, die Mächtigkeit der Serie exakt zu bestimmen. Beide Autoren beziehen die Mächtigkeit jedoch auf den Gesamtkomplex der Formazione marnoso-arenacea, der in dieser Arbeit nur noch als Oberbegriff beibehalten wird. Ebenfalls für die gesamte Abfolge gibt R. BEHRMANN (1958) eine Gesamtmächtigkeit von ca. 4000 m an. Im Arbeitsgebiet beträgt die Mächtigkeit der Marecchia-Serie etwa 700 m, insgesamt erreicht sie eine Mächtigkeit von über 1000 m.

Die Altersbestimmung der umbro-romagnolischen Fazies bezog sich bei früheren Autoren jeweils auf die gesamte Abfolge. Es wurde dabei nicht erkannt oder berücksichtigt, daß diese mächtige Abfolge, obwohl die einzelnen Bänke rasch geschüttet wurden, über eine beträchtliche Zeit sedimentiert wurde. So gelangte P. PRINCIPI (1925) aufgrund von Untersuchungen zwischen Marecchia und Savio z.B. zu folgendem Ergebnis: Die Wechsellagerung der Umgebung des M. Fumaiolo von z.T. harten Mergeln, kompakten oder geschichteten manchmal sandigen Kalk-

mergeln von graugelber Farbe mit einem bläulichen Schimmer an der Oberfläche und graugelben Sandmergeln, in denen Linsen oder feine Bänkechen kompakten Sandsteins vorkommen, gehören dem Burdigal an. Die Mergel in dieser Region enthalten auch Makrofossilien, z.B. Pteropoden und Lucinen (*Lucina de Stefani* Rov.). R. BEHRMANN (1936) bestimmt für die Mergel des oberen Tibertales, in denen nur wenig Sandsteinlagen vorhanden sind, ebenfalls Burdigal. Auch er stellt irrigerweise die gesamte *Formazione marnoso-arenacea* in diese Zeit. Den 1-4 km breiten Streifen feinsandiger Mergel zwischen Verghereto und Pratigghi im oberen Tibertal erkannte W. FREY (1966) als das Liegende der *Marecchia*-Serie. Er bezeichnete die Schichten als Tevere-Mergel. Die Bestimmung der reichlich vorhandenen Mikrofauna läßt den Schluß auf oberstes Burdigal bis ? Untertorton zu. Die Zusammensetzung der Foraminiferenfauna ähnelt der der *Marecchia*-Serie. Zuerst kam E. DI NAPOLI-ALIATA (1944) bei der Bearbeitung von Signorinis Proben aus Mergeln von S. Paolo bei S. Piero in Bagno zu der Erkenntnis, daß zwischen den hangenden Partien der *Formazione marnoso-arenacea* und den Mergeln im oberen Tibertal altersmäßig zu differenzieren ist. Die Proben von S. Piero in Bagno ergaben eine Faunengemeinschaft aus überwiegend Lageniden, Globigerinen, Cyclaminen und Haplophragmoides. Milioliden fehlen vollkommen. Das Alter wird mit Torton oder eventuell höherem Miozän angegeben. Diese Aussage verwerten RUGGIERI (1953, 1958) und PASSERINI (1958), indem sie die Gesamtabfolge im Langhiano (= Burdigal) beginnen lassen und bis ins Torton, RUGGIERI (1953) ursprünglich sogar bis ins Pliozän, hinaufziehen.

Die aus den Mergeln der *Marecchia*-Serie ausgeschlammte Mikrofauna ist im allgemeinen gut erhalten und reichlich. Sandsteinbänke erweisen sich dagegen als fossilarm. Nur so läßt sich wahrscheinlich erklären, daß einige Autoren auf die besondere Fossilarmut der Serie hinweisen. Es ist zu beobachten, daß der Anteil der planktonischen Formen vom Liegenden zum Hangenden der Serie Schwankungen unterworfen ist. Der prozentuale Anteil der Planktonen ist jedoch immer größer als der der benthonisch lebenden Foraminiferen.

Für die Marecchia-Serie wurde im Arbeitsgebiet aufgrund der Zusammenstellung folgender Arten ein Alter zwischen Helvet und oberem Torton bestimmt, d.h. sie umfaßt einen Teil des Helvet und den größten Teil des Torton.

<i>Spiroplectammina wrighti</i>	(SILV.)
<i>Textularia</i> sp.	
<i>Quinqueloculina vulgaris</i>	D'ORB.
<i>Robulus inornatus</i>	(D'ORB.)
<i>Dentalina leguminiformis</i>	(BATSCH)
<i>Nodosaria</i> sp.	
<i>Lagena</i> sp.	
<i>Lagenodosaria scalaris</i>	(BATSCH)
<i>Elphidium crispum</i>	(LINNE)
<i>Bulimina aculeata</i>	D'ORB.
" <i>ovata</i>	D'ORB.
" <i>pupoides</i>	D'ORB.
<i>Virgulina schreibersiana</i>	CZJZEK
<i>Bolivina arta</i>	MACFAD.
<i>Uvigerina auberiana</i>	D'ORB.
" <i>flinti</i>	CUSH.
" <i>rutila</i>	CUSH.
" sp.	
<i>Pleurostomella</i> sp.	
<i>Eponides schreibersii</i>	(D'ORB.)
<i>Rotalia beccarii</i>	(LINNE)
<i>Siphonina reticulata</i>	(CZJZEK)
<i>Cancris auriculus</i>	(FICHT E MOLL)
<i>Globigerina apertura</i>	CUSH.
" <i>bulloides</i>	D'ORB.
<i>Globigerinoides</i> sp.	
" <i>ruber cyclostomus</i>	(GALLOWAY + WISSLER)
" <i>trilobus</i>	(REUSS)
<i>Hastigerina siphonifera</i>	(D'ORB!)
<i>Sphaerodinellopsis grimsdalei</i>	(KEIJZER)
<i>Orbulina suturalis</i>	BRONN.
" <i>universa</i>	D'ORB.
<i>Globorotalia mayeri</i>	CUSHMAN + ELLISOR
" <i>menardii</i>	D'ORB!
" <i>scitula</i>	(BRADY)
" " <i>gigantea</i>	BLOW.
<i>Cibicides boueanus</i>	(D'ORB.)
" <i>pseudoungerianus</i>	(CUSH.)

2.2. Serie von Mercato Saraceno

Der Marecchia-Serie schließt sich am NW Rand des Gebietes eine Abfolge an, die in ihren unteren Partien zunächst noch deutliche Ähnlichkeiten mit dieser besitzt, diese Eigenschaft aber nach oben hin zunehmend verliert. Da dieses Schichtglied vom Savio zerschnitten wird und bei Mercato Saraceno in typischer Weise aufgeschlossen ist, wurde ihm der Name "Serie von Mercato Saraceno" gegeben. An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, daß dieser Komplex nach bisheriger Auffassung die oberen Partien der "formazione marnoso arenacea" bildet.

Während noch R. SIGNORINI (1940) darauf verwies, daß die Formazione marnoso-arenacea keine Änderung der Ausbildung aufweist, beschränken sich spätere Autoren (z.B. RUGGIERI in verschiedenen Arbeiten) darauf, auszuführen, daß der sandige Charakter dieser umbro-romagnolischen Fazies in Richtung auf den Apenninrand ständig zunimmt. Diese Aussage läßt sich nur bedingt aufrechterhalten. Die Serie von Mercato Saraceno geht aus der Marecchia-Serie hervor, ist aber nur im Zusammenhang mit der von SW nach NE fortschreitenden tektonischen Entwicklung dieses Gebietes zu erklären. Die Trogachse des Sedimentationsraumes verlagert sich dabei langsam in NE Richtung.

Man muß damit rechnen, daß die Serie von Mercato Saraceno zumindest in ihren unteren Teilen einen lateralen Vertreter der Marecchia-Serie darstellt. Die gleiche Problemstellung ergibt sich auch am Übergang von Tevere-Mergeln zur Marecchia-Serie. Auch hier besteht die Möglichkeit eines lateralen Überganges neben einem zeitlichen. Der stratigraphische Übergang von Älterem zum Jüngeren ist jedoch wahrscheinlich.

Wie bereits erwähnt, weist die Serie von Mercato Saraceno im Liegenden noch große Ähnlichkeit zur Marecchia-Serie auf, denn der Anteil der Sandsteinbänke erhöht sich ganz allmählich und zuerst fast unmerklich. Es liegt ein gut geschichtetes Sediment vor. Bei Sarsina und an der Straße von Sarsina nach S. Agata Feltria beobachtet man ein Anwachsen der Mächtigkeit einzelner Sandsteinbänke bis zu 80 cm. Insgesamt gesehen ist der Sandsteinanteil hier bereits wesentlich gestiegen. Zwischen Sarsina und Sorbano treten im Saviotal dann

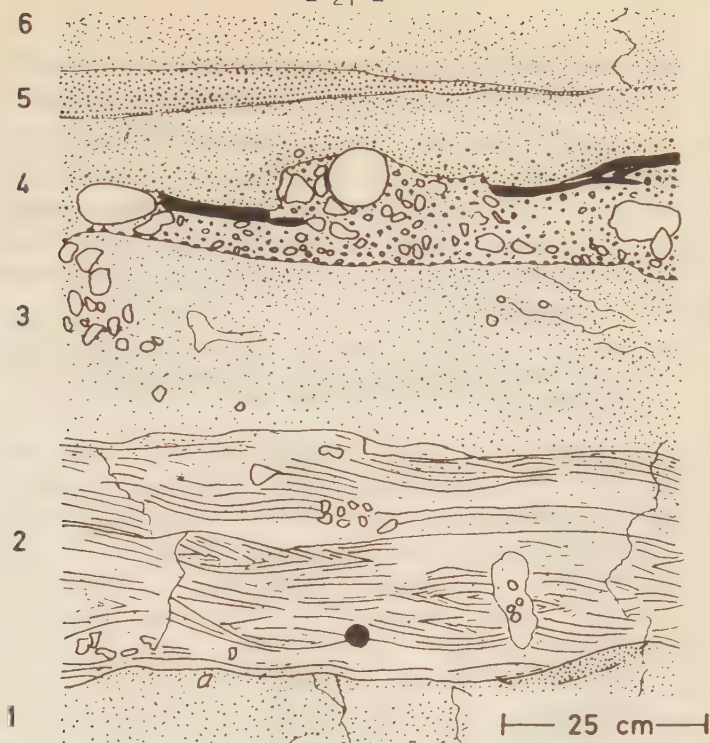
schon Verbände auf, in denen die Mergel bis auf wenige dm reduziert sind. Die graubraunen Sandsteinbänke haben teilweise eine Mächtigkeit von 1-2 m. In den Antiklinalen von Monte Petra - Montecastello und Mercato Saraceno verstärkt sich diese Entwicklung beträchtlich. Die Sandsteinbänke erreichen Stärken von 6-8 m, während die mergeligen Zwischenlagen manchmal nur noch 1-2 cm, z.T. aber bis zu 20 cm betragen. Hier entsteht der Eindruck eines Gesteins mit molasseartigen Eigenschaften. Nach G. RUGGIERI (1958) nimmt der Molassecharakter ständig nach E zu. In der äußersten Antiklinale (Cesena) gibt es nur noch gelbe Molassesandsteine mit selten eingeschalteten Mergeln und typischer Mikrofauna mit *Globorotalia menardii*.

Wie zahlreiche andere Gesteine mit überwiegender Sandsedimentation, wie z.B. das Tongriano und die Molassen von Loiano, handelt es sich bei der Serie von Mercato Saraceno eher um Übergangssedimente von Flysch zur Molasse. Hinweise dafür sind u.a. die noch häufig auftretenden Unterflächenstrukturen wie flute casts und groove casts sowie die Gradierung der gut geschichteten graubraunen Sandsteine und die convolute lamination in Lagen mit höherem Mergelgehalt, die charakteristisch für Flyschsedimente sind. Dagegen sprechen die große Mächtigkeit der Bänke, das rasche Auskeilen einzelner konglomeratischer Zwischenlagen und die schon verbreitet in Bänken bis zu 50 cm Mächtigkeit auftretende Kreuzschichtung für ein molasseartiges Gestein.

Flyscheigenschaften und Molasseeigenschaften treten in dieser Serie auf engem Raum zusammen auf.

Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt einer häufig in ähnlicher Form wiederkehrenden Sedimentationsfolge im Saviotal an der Einmündung des R. Nasseto, vom Liegenden (unten) zum Hangenden (oben).

1. Etwa 1 m mächtiger grauer kompakter Sandstein mit deutlicher Gradierung.
2. Anschließend etwa 35 cm brauner Sandstein mit convolute lamination; im Liegenden sowie im Hangenden höherer Sandmergelanteil.
3. Grauer glimmerreicher Sandstein (um 25 cm). Die Korngröße an der Basis beträgt über der dünnen konglomeratischen Einschaltung etwa 0,5 mm.



4. Konglomeratische Lage, deren Mächtigkeit zwischen 5 und 40 cm schwankt. + eingeregelter Gerölle a.d.B. haben bis zu 2 cm $\varnothing$, einzelne Einsprenglinge (am oberen Bildrand) bis zu 25 cm $\varnothing$, dazwischen befinden sich Tonschmitzen in linsenförmiger Ausbildung. Diese Schicht geht wie 3. in grauen Sandstein über.
5. Sie wird von einer zwischen 0 und 15 cm schwankenden Konglomeratschnur mit Geröllen bis zu 0,5 cm abgelöst.
6. In dem anschließenden mehrere Meter mächtigen grauen Sandstein hält die abnehmende Korngröße von der Basis bis zum Top an.

2.2.1. Die Fossilien der Serie von Mercato Saraceno

Mit dem Übergang aus der Marecchia-Serie in die Serie von Mercato Saraceno setzt ein Wandel in der Zusammensetzung der Mikrofauna ein. Vergleichbar sind im allgemeinen nur Schlammproben aus den mehr oder minder mächtigen mergeligen Zwischenlagen, da diese im Gegensatz zu den wesentlich schneller abgelagerten Sandsteinen einen kurzen Zeitraum relativ ruhiger Sedimentation darstellen. Überwiegend erweisen sich die Sand-

steine als fossilleer. Verschiedentlich sind darin Bruchstücke oder sehr schlecht erhaltene Foraminiferen erkennbar.

Die Mergel enthalten zumeist eine gut bestimmbare Fauna. Wie aus den Aufstellungen zu ersehen ist, nimmt, wie in einer typischen Molasse zu erwarten wäre, die benthonische Fauna nicht stark zugunsten der planktonischen Lebewesen zu. Stattdessen existieren Schichten, die ausschließlich planktonische Foraminiferen enthalten.

Probe 6708, weiche, splittrige Mergel von mittelgrauer Farbe; entnommen nahe der Straße zwischen Sarsina und S. Agata Feltria bei Munginaia

<i>Reophax papillosus</i>	(NEUG.)
<i>Ammodiscus incertus</i>	(D'ORB.)
<i>Karrerella</i> sp.	
<i>Martinotiella communis</i>	(D'ORB.)
<i>Quinqueloculina</i> sp.	
<i>Sigmoilina tenuis</i>	(CZJZEK)
<i>Robulus cultratus</i>	MONTF.
" <i>inornatus</i>	(D'ORB.)
<i>Lenticulina</i> sp.	
<i>Marginulina hirsuta</i>	D'ORB.
<i>Dentalina leguminiformis</i>	(BATSCHE)
<i>Nodosaria ovicula</i>	D'ORB.
" <i>raphanus</i>	LINNE
<i>Saracenaria italica</i>	DEFR.
<i>Vaginulopsis inversa</i>	(COSTA)
<i>Lagena</i> sp.	
<i>Nonion padanum</i>	PERCONIG
<i>Bulimina costata</i>	D'ORB.
<i>Bolivina</i> sp.	
<i>Uvigerina flinti</i>	CUSH.
" <i>rutila</i>	CUSH.
<i>Gyroidina soldanii</i>	(D'ORB.)
<i>Eponides umbonatus</i>	(REUSS)
<i>Rotalia (Ammonia) beccarii</i>	(LINNE)
<i>Siphonina reticulata</i>	(CZJZEK)
<i>Globigerina apertura</i>	CUSH.
" <i>bulloides</i>	D'ORB.
" <i>nepenthes</i>	TODD.
<i>Globigerinoides gomitulus</i>	(SEG.)
" <i>trilobus</i>	(REUSS)
" <i>obliquus</i>	(BOLLI)
<i>Orbulina bilobata</i>	(D'ORB.)
" <i>universa</i>	D'ORB.
<i>Globorotalia crassaformis</i>	GALLOWAY + WISSLER
" <i>obesa</i>	BOLLI
<i>Anomalina</i> sp.	
<i>Planulina ariminensis</i>	(D'ORB.)
<i>Cibicides pseudoungerianus</i>	(CUSH.)

An der Abzweigung nach Colombara von der Straße Mercato Saraceno nach Colonata enthalten die Mergellagen eine rein planktonische Fauna.

Proben 9901/9902

Globigerina apertura	CUSH.
" bulloides	D'ORB.
" nepenthes	TODD.
Globigerinoides obliquus	(BOLLI)
" trilobus	BOLLI
Orbulina suturalis	BRON.
" universa	D'ORB.
Globorotalia obesa	BOLLI
" scitula	(BRADY)

Die Fossilien der Proben 9901 und 9902 sind im Vergleich zu denen anderer Fundpunkte auffallend kleinwüchsig, ein Zeichen, das auf Abschnürung, wie sie in Molassebecken häufig auftritt, hinweist. Die Zusammensetzung aus ausschließlich Globigerinen und Globorotalien beweist aber erneut, daß die Serie von Mercato Saraceno bestenfalls als Übergangssediment zwischen Flysch und Molasse zu betrachten ist. Bemerkenswert ist, daß sämtliche Proben aus der Umgebung von Mercato Saraceno einen wechselnden Prozentsatz zerquetschter oder breitgedrückter Foraminiferen enthalten. Die übrigen Fossilien sind gut erhalten, z.T. sind sie noch hohl und die Mündungen gut erkennbar. Man kann annehmen, daß die zerdrückten Formen umgelagert sind.

Die Auswertung der Schlammproben aus dem Gebiet zwischen Sarina und Mercato Saraceno ergab für den Bereich des Aufnahmegebietes eine sichere Einstufung ins Torton, sehr wahrscheinlich Obertorton.

Die Probe 9122, entnommen aus dem Fso. Compagnia SE von Montecastello, enthielt neben den bereits erwähnten umgelagerten sowie autochthonen Foraminiferen die pyritisierte Jugendform einer Landschnecke (planorbid) sowie eine vom Festland eingeschwemmte Ostracodenform. Diese ist dünnchalig, wenig ornamentiert und weist ein unkompliziertes Schloß auf, Anzeichen, die marinen Tieren im allgemeinen fehlen. Sicher handelt es sich um einen Vertreter der Familie der Cytheridae.

Im einzelnen wurden bestimmt:

Eggerella bradyi

(CUSH.)

Karrerella aff. gaudryinoides	(FORN.)
Triloculina sp.	
Plectifrondicularia semicosta	(KARRER)
Uvigerina auberiana	D'ORB.
" longistriata	PERCONIG
Pleurostomella alternans	SCHW.
Siphonina reticulata	(CZJZEK)
Globigerina apertura	CUSH.
" bulloides	D'ORB.
" falconensis	BLOW
" nepenthes	TODD.
Globigerinoides obliquus	(BOLLI)
" trilobus	(REUSS)
Orbulina suturalis	BRONNIMANN
" universa	D'ORB.
Sphaeroidinellopsis seminulina seminulina	(SCHWAGER)
Sphaeroidinella dehiscens	(PARKER + JONES)
Sphaeroidinella rutschi	(CUSHMAN + RENZ)
Globorotalia crassaformis	GALLOWAY + WISSLER
Globorotalia menardii	D'ORB.
" obesa	BOLLI
" praemenardii	CUSH! + STAINFORTH ?
" scitula	(BRADY)
Globoquadrina dehiscens	(CHAPMAN, PARR + COLLINS) ?

2.3. Die "Formazione marnoso-arenacea" südlich des Marecchia- tales

Im Anschluß an die Beschreibung der Marecchia-Serie und der Serie von Mercato Saraceno erscheint es von Interesse, einen kurzen Abriß der autochthonen Zone zu geben, die sich südlich an die allochthonen Serien des "Marecchia-Bereiches" anschließen. Dieses Areal befindet sich nicht mehr im Bereich des Aufnahmegebietes. Zur genauen Erforschung der dortigen Verhältnisse wäre eine gesonderte Arbeit erforderlich. Folgt man der Straße von Carpegna nach Lunano nach S, so beobachtet man im Tal des T. Mutino bei Frontinò steil aufgerichtete Schichten eines kompakten, harten grauen Sandsteins, in dem einzelne Lagen Korngrößen von 2-3 mm ϕ haben. Wenige hundert Meter weiter in Richtung auf Monastero trifft man im Bachbett einen Kontakt zwischen grau-braunem Sandstein und einem Sediment in Flyschfazies nach Art der Marecchia-Serie an. Auffallend ist, daß der Übergang zwischen diesen Fazies sich hier im Süden wesentlich schneller vollzieht als etwa im Saviotal. Diese Beobachtung deckt sich mit der Aussage von G. VENZO (1954) (vergl. Kap. E.2.). Die helvetische Schlierfazies, die

konkordant auf dem "bisciaro" liegt, ist nach Angaben von W. FREY (1968) etwa den Tevere-Mergeln vergleichbar. Im Torton erfolgt ein schneller Übergang zu Molassecharakter. Dieser Teil entspricht dem oberen Teil der Formazione marnoso-arenacea (Serie von Mercato Saraceno). In den sich anschließenden Falten NE von Lunano ist zunächst noch die Wechsellaagerung der Flyschablagerungen erkennbar. Ihr Anteil verringert sich. Die Faltenkerne neigen dazu, zunehmend in Schlier (Mergelfazies) überzugehen. Die Antiklinalen, die von Montescudo, Gemmano, Mondaino usw. ausgehen, bestehen dann nur noch aus Schlier und Molasse. Auf das Torton folgt das Obermiozän (Messiniano) meist mit Tonmergeln und der Gipsschweifformation. Die äußerste Struktur, längs der Küste zwischen Pesaro und Fano besteht aus steil aufgerichteter Molasse, die wahrscheinlich dem Messiniano zugeordnet werden muß (G. RUGGIERI). Das zeigt, daß man auch für den umbro-romagnolischen bzw. umbro-markischen Sedimentationsraum im mittleren Miozän mit größeren Faziesdifferenzen rechnen muß, als bisher angenommen wurde.

2.4. Olisthostrom - Argille (Argille caotiche I)

In einer Zone rechts des Savio, zwischen T. Fanante und Paderno, befinden sich mehrere Vorkommen plastischer Tone, deren Fazies mit den Argille caotiche des Marecchiatalis zu parallelisieren ist. Sie sind in die Sedimentation der oberen Marecchia-Serie und der Fanante Mergel (siehe Kap. D.2.6.) eingeschaltet. Einige dieser Vorkommen wurden 1940 von R. SIGNORINI entdeckt. Auf der geologischen Karte, die 1933 bis 1937 von P. PRINCIPI überarbeitet wurde, sind diese Aufschlüsse noch nicht verzeichnet.

SIGNORINI erwähnt in der Formazione marnoso-arenacea, wo diese unter die Formazione gessifera abtaucht, Argille scagliose in verschiedenen Horizonten: 1. links des Savio, zwischen Sarsina und Sorbano, 2. südlich von Sarsina bis Casa Roncaccio und 3. zwischen T. Marecchiola und Riomaggio auf Höhe 251. Einem anderen Horizont rechnet er die Aufschlüsse im T. Fanante bei Ca Monselino und südlich von Monte Petra zu.

Nach seiner Ansicht zeigen alle diese Vorkommen "un arrivo di argille scagliose in questa zona, posteriore alla formazione marnoso arenacea e contemporaneo alla sedimentazione del Miocene superiore stesso". In der Einschaltung von allochthonen Tonen ins obere Torton sieht G. RUGGIERI (1953, 1956, 1958) den Beweis für eine erste großangelegte Überschiebung im Zusammenhang mit der sogenannten fase plicativa, in deren Verlauf das Autochthon im Romagnabereich der Faltung unterlag. Die Vorkommen im Saviotal usw. sollen als Relikte dieser Überschiebung erhalten geblieben sein. In Anlehnung an diesen Autor kommen E. GIANNINI und M. TONGIORGI (1962) und die Pisaner Geologen BALDACCI et al. (1967) zu der Erkenntnis, daß das linsenförmig ins obere Torton eingeschaltete Material der Argille scagliose die am weitesten vorgeschobenen Teile der allochthonen ligurischen Einheiten darstellen.

Eine Überschiebung größeren Ausmaßes bis zum Externrand des Apennin hat zu dieser Zeit aber sicher nicht stattgefunden (siehe Kap. E.3.1.).

Größere Aufschlüsse befinden sich links des Savio (außerhalb des Aufnahmegebietes) und rechts des Flusses in einer langgestreckten Zone S bzw. SW von Monte Petra.

Andere Anrisse von maximal 250 m Länge und 40 m Breite liegen unterhalb des Gipses bei Ca Monselino W von Maiano, in einer Mulde N des R. Nasseto, N Colonata bei Cse Monte und auf Höhe 350 nahe C. il Poggio. In sämtlichen Aufschlüssen bietet sich folgendes Bild: Die Tone und Tonmergel sind vollkommen chaotisiert. Ein zusammenhängender Schichtverband ist nirgends zu beobachten. Der Kontakt zum Liegenden und Hangenden ist sedimentär. Die Farbe reicht von grauen über grünliche bis zu rotbraunen Tönungen, häufig sind Manganknollen. Das Gestein enthält keine Makrofossilien. Foraminiferen, die eine Altersbestimmung zulassen, sind nur selten. Neben Formen, die aus dem überfahrenen Autochthon aufgenommen wurden, erbrachten die Schlammproben zumeist nur wenige Arten. Es konnten

Globorotalia compressa	(PLUMMER)
" pseudobulloides	(PLUMMER)
Rotalipora appenninica	(RENZ)
Praeglobotruncana coarctata	BOLLI
Praeglobotruncana stephani	(GANDOLFI)
Cyclammina sp.	
Glomospira sp.	

bestimmt werden. Diese Fauna weist auf ein cenomanes bis paläozänes Alter hin (vergl. Kap. D.3.2.).

Man muß annehmen, daß es sich bei den erwähnten Vorkommen nur um Vorläufer der Hauptgleitmasse handelt, die bei erneuter tektonischer Aktivierung des Hinterlandes bis über dieses Gebiet hinaus verfrachtet wurde (vergl. Kap. E.3.1.).

K. GÖRLER und K.J. REUTTER (1968) führen die Vermutung an, daß "Olisthostrome aus Schlammströmen hervorgehen können, die von der Stirn einer sich vorschiebenden Decke herunterfließen und damit als deren Vorläufer aufzufassen sind". Sie weisen darauf hin, daß solche Phänomene in normal sedimentierten Serien des Nordapennin häufig sind. Dafür spricht auch, daß die Olisthostrome, wie bereits SIGNORINI erkannte, in verschiedenen Niveaus liegen. Dagegen läßt RUGGIERI diese Tatsache außer acht. Da für eine Überschiebung in seinem Sinne nur ein sehr begrenzter Zeitraum zur Verfügung stand, bleibt es unerklärlich, weshalb die Vorkommen heute in mehrere verschiedene Horizonte eingeschaltet sind.

2.5. Kalksandstein von il Casino

Mit dem Ende der flysch- und molasseartigen Sedimentation im auslaufenden Torton findet die Ablagerung mächtiger Sandhorizonte im Bereich des romagnolischen Apennin zunächst einen Abschluß. Sowohl im Gebiet der Marecchia-Serie zwischen S. Agata Feltria und dem T. Fanante als auch im oberen Teil der molasseartigen Gesteine des Savio deutet sich in der zunehmenden Vermergelung eine Änderung der Sedimentation an. Diese Tendenz kennzeichnet den Beginn des obersten Miozän (Messiniano). Es handelt sich bei dieser Formation um Sedimente, deren Fazies eine fortschreitende Regression des Meeres charakterisieren. Im Top kommt es sogar zum Absatz von Evaporiten, die diesem Komplex den Namen *Formazione gessoso solfifera* gaben. Schon P. PRINCIPI (1925) erkannte, daß man diese Gesteine zu einer Einheit zusammenfassen muß, da sie in einer tektonisch ruhigeren Zeit zwischen zwei tektonisch aktiveren Perioden im Obertorton und im Unterpliozän gebildet wurden. Dennoch wurde die Obergrenze der "Formazione marnoso-arenacea" oft an den Beginn der Gipsablagerungen gelegt.

Nach R. SIGNORINI (1943) reicht diese kontinuierlich bis ins obere Miozän. Die Schwierigkeit einer genauen Datierung der Grenze Torton-Messiniano liegt darin, daß die Zusammensetzung der Mikrofaunen einer nur ganz allmählichen Änderung unterworfen ist.

Die Vorkommen des autochthonen Obertorton beschränken sich im Arbeitsgebiet hauptsächlich auf das Areal zwischen dem T. Fanante im W und Perticara im E. Es ist hier in Form einer Mulde anzutreffen, in der durch die Regression des Meeres eine Evaporation erfolgte, die bis zur Ablagerung von Gipsen führte (Becken von Perticara, siehe Kap. E.2.). Von dieser Struktur erstrecken sich Ausläufer nach S in Richtung S. Agata Feltria, in dem gesondert noch ein kleines Gipsvorkommen liegt und nach N zwischen Montepetra, M. Spelano, Colonata, Rontagnano.

An einigen Stellen befindet sich eingeschaltet in die Mergel, die das Hangende der Marecchia-Serie und der Serie von Mercato Saraceno bilden, ein maximal 3-4 m mächtiger Horizont, der mit schwacher aber deutlicher Diskordanz (ca. 5°) sein Liegendes überlagert. Diese Diskordanz hatte bereits SCARABELLI (1880) in einem Kalksandsteinvorkommen bei Montepetra entdeckt. G. RUGGIERI (1953) nimmt diese Diskordanz als Grenze zwischen Torton und Sarmat, weil die Mergel, die auf die Kalk-Sandstein Schichten folgen, in ihrer Fazies und in der Art ihrer Fossilien einen zunehmend höheren Salzgehalt anzeigen sollen und sich der Kalksandstein als bequemer Leithorizont ausweist.

Von Bearbeitern der Schwefelmine von Perticara wurde dieser Horizont als "strato arenaceo di base" bezeichnet und ebenfalls als Basishorizont des Messiniano betrachtet. In dieser Arbeit wird diesem Schichtglied die Bezeichnung Kalk-Sandstein von il Casino gegeben, da nahe il Casino eine besonders typische Lokalität angetroffen wurde, in der sich die diskordante Auflagerung deutlich markiert. Weitere Vorkommen dieses Schichtverbandes sind gut am rechten Ufer des T. Fanante bis kurz vor dessen Einmündung in den Savio, SW von Perticara und bei il Pianello aufgeschlossen. Es handelt sich dabei um einen gelblich-braunen Sandstein bzw. Kalkarenit mit vielen Geröllen bis zu 3 cm Ø, die wahrscheinlich den olisthostromatischen "Argille" und dem Tertiäralberese entstammen. Die

einzelnen Bänke schwanken in der Mächtigkeit zwischen 20 cm und 60 cm. Sie werden von Mergelschichten unterbrochen, deren einzelne Lagen nur wenige cm dick sind. Die Bankmächtigkeiten zeigen laterale Schwankungen. Sie keilen zuweilen aus oder enden abrupt. Die Sandsteinbänke weisen z.T. Kreuzschichtung und Unterflächenstrukturen auf. An der Basis dieses Horizontes wurden verschiedentlich Lignitschmitzen beobachtet. Petrographisch handelt es sich bei den Sandsteinen um einen Arenit mit hohem Kalzitgehalt:

Schliff 6745 : Häufig sind eckige Quarze, die vielfach undulös auslöschen und Kalzitkörner in einer karbonatischen Matrix. Feldspäte treten anteilmäßig stark zurück; Kalifeldspäte sind häufiger als Plagioklase, vereinzelt sind Glaukonitkörnchen und Glimmerschüppchen vorhanden. Als Fossilien sind nur wenige Bruchstücke von Globorotalien, Globigerinen und Orbulinen anzutreffen.

Die Schlammproben aus den Mergellagen erwiesen sich im Gegensatz zu den arenitischen Schichten als gut fossilführend. Ihre Mikrofaunen gleichen in Zusammensetzung und Erhaltungsgangrad durchaus noch denen der oberen tortonen Mergel. Der Kalksandsteinhorizont von il Casino bildet daher nicht die Grenze zwischen Torton und Sarmat, sondern gehört noch dem Obertorton an.

Es konnten bestimmt werden:

Foraminiferen:

<i>Spiroplectammina wrighti</i>	(SILV.)
<i>Martinotiella communis</i>	(D'ORB.)
<i>Glandulina laevigata</i>	D'ORB.
<i>Elphidium crispum</i>	(LINNE)
<i>Orthomorphina tenuicostata</i>	(COSTA)
<i>Bulimina aff. acculeata</i>	D'ORB.
<i>Bulimina elongata</i>	D'ORB.
<i>Uvigerina auferiana</i>	D'ORB.
" <i>rutila</i>	CUSH.
<i>Gyroidina soldanii</i>	(D'ORB!)
<i>Rotalia beccarii</i>	(LINNE)
<i>Siphonina reticulata</i>	(CZJZEK)
<i>Globigerina apertura</i>	CUSH.
" <i>bulloides</i>	D'ORB.
" <i>parabulloides</i>	BLOW
<i>Globigerinoides obliquus</i>	BOLLI
" <i>sicanus</i>	DE STEFANI
" <i>trilobus irregularis</i>	LE ROY
" " <i>primordius</i>	BANNER + BLOW ?
" " <i>trilobus</i>	(REUSS)

Orbulina universa	D'ORB.
Sphaeroidinella rutschi	CUSHM. + RENZ
Sphaeroidinellopsis reticulata	(KEIJZER)
Globorotalia mayeri	CUSH! + ELLISOR
" scitula	BLOW
Planulina wüllerstorfi	(SCHW.)
Cibicides boueanus	(D'ORB.)

Ostracoden:

Cytheridea sp.
 Loxoconcha sp.
 Mutilus sp.
 Hemicythere sp.

Südöstlich von Montepetra, im T. Chiusa nördlich von Ca Gambone und im Oberlauf des Fso. Cerafosso SW von S. Agata Feltria befinden sich kleine isolierte Vorkommen eines braun-grauen arenitischen Kalkes. Auch sie liegen - so weit erkennbar - in diskordanter Lage zu den liegenden Mergeln des Obertorton, in die sie eingeschlossen sind. Der Aufschluß SE von Montepetra hat am unteren Kontakt brekziösen Charakter. Die Brekzie besteht überwiegend aus Mergel- und Sandsteinstücken, die zusammen mit Lignitfasern in eine kalkmergelige Grundmasse eingebettet sind. Das Sediment enthält Muscheln, die als Lucinen erkannt wurden. G. RUGGIERI (1958) bezeichnet dieses Gestein als "calcare a Lucine". Da die Vorkommen dieses Lucinenkalkes ebenso wie der Sandstein von il Casino diskordant den Mergeln der Marecchia-Serie und der Serie von Mercato Saraceno auflagern, kann man annehmen, daß beide ursprünglich einem Horizont angehörten, obgleich nirgends ein lateraler Übergang von einem zum anderen gefunden werden konnte. Als weiteres Indiz dafür mag gelten, daß beide Sedimente etwa die gleiche Mikrofaungemeinschaft beherbergen. Lamellibranchiaten sind teilweise so angehäuft, daß es sich dabei um fossile Muschelbänke handeln muß. Diese entwickelten sich an erhöhten Stellen des wellblechartig verbogenen Untergrundes. Daraus resultiert auch die voneinander abweichende Beschaffenheit der beiden beschriebenen Gesteine. F. RICCI LUCCHI und A. VEGGIANI (1967) erklären das Auftreten des Lucinenkalkes in isolierten Blöcken als Resedimentationsprodukte, hervorgerufen durch untermeerische Rutschungen am SW Hang des Sedimentationsbeckens. Nach Ansicht des Verf. erscheint eine solche Erklärung unwahrscheinlich, zumal es

fragwürdig ist, ob alle von den Autoren angeführten Fundpunkte zwischen Sillaro und Foglia einer einheitlichen Fazies und einem einheitlichen Niveau angehörten. Die Lucinen sind kein sicherer Anhaltspunkt, denn sie treten auch in stratigraphisch höheren und tieferen Schichten auf.

2.6. Untere Fanante Mergel

Die Basisschichten von "il Casino" gehen mit raschem Wechsel in eine zwischen 40 und 120 m schwankende Folge heller Mergel über, die nur noch selten von dünnen Sandsteinbänken unterbrochen werden. Im unteren Teil lassen sich durchschnittlich etwa alle 4-5 m Sandsteine oder kalkarenitische Horizonte ausmachen. An der Spitze fehlen sie völlig. Diese Mergel machen die Hauptfüllung des sogenannten Beckens von Perticara aus. Sie sind am östlichen Ufer des T. Fanante gut aufgeschlossen, wo sie mit schwachem nordöstlichen Einfallen abtauchen. Nach dieser Lokalität wurde der Abfolge der Name "Fanante Mergel" gegeben. Vom T. Fanante ziehen sie sich unter der schüsselförmig verbogenen Gipsplatte des Beckeninneren hindurch und tauchen im E westlich von Perticara wieder auf. Die Mergel bestehen aus dünnen zersplitterten Lagen, die zu Bänken bis zu 10 m Mächtigkeit zusammengefaßt sind. Im Aufschluß verwittern sie hellgrau oder weißlich, bei frischem Bruch sind sie mittelgrau gefärbt. Die Regelmäßigkeit der gut geschichteten Mergel wird in vielen Aufschlüssen durch die tiefgreifende Erosion unkenntlich. Das Gestein neigt zur Ausbildung von Badland-Landschaften.

Die Fanante Mergel enthalten eine überaus artenreiche, gut erhaltene planktonische wie benthonische Mikrofauna, die überwiegend aus Foraminiferen und untergeordnet aus Ostracoden besteht.

Es wurden bestimmt:

<i>Reophax papillosus</i>	(NEUG.)
<i>Ammodiscus incertus</i>	(D'ORB.)
<i>Textularia aciculata</i>	D'ORB.
<i>Karrerella chilostoma</i>	(REUSS)
" <i>gaudryinoides</i>	(FORN.)
<i>Martinotiella communis</i>	(D'ORB.)
<i>Quinqueloculina agglutinans</i>	D'ORB.
<i>Sigmoilina tenuis</i>	(CZJZEK)

Robulus calcar	(LINNE)
" cultratus	MONTF!
" inornatus	(D'ORB.)
" rotulatus	(LAMARCK)
Lenticulina sp.	
Marginulina glabra	D'ORB.
" hirsuta	D'ORB.
Dentalina leguminiformis	(BATSCH)
Nodosaria acuminata	HANTK.
" longiscata	D'ORB.
" ovicula	D'ORB.
" raphanus	(LINNE)
Chrysalogonium obliquatum	(BATSCH)
Saracenaria italica	DEFR.
Vaginulinopsis inversa	(COSTA)
Lagena marginata	(MONTAGU)
Lagenodosaria scalaris	(BATSCH)
" sublineata	(BRADY)
Nonion padanum	PERCONIG
Elphidium crispum	(LINNE)
Plectifrondicularia gemina	(SILV.)
" semicosta	(KARRER)
Orthomorphina tenuicostata	(COSTA)
Bulimina costata	D'ORB.
" inflata	SEG.
" ovata	D'ORB.
Bolivina dilatata	REUSS
Uvigerina auferiana	D'ORB.
" flinti	CUSH.
" peregrina	CUSH.
" pygmaea	D'ORB.
" rutila	CUSH.
Siphonodosaria fistuca	(SCHW.)
" hispida	(D'ORB.)
" monilis	(SILV.)
" pyrula	(D'ORB.)
Pleurostomella alternans	SCHW.
Discorbis sp.	
Gyroidina cf. neosoldanii	BROTZEN
Eponides umbonatus	(REUSS)
Siphonina reticulata	(CZJZEK)
Globigerina apertura	CUSH.
" bulloides	D'ORB.
" diplostoma	REUSS
" nepenthes	TODD.
" ouachitaensis	BOLLI
" praebulloides	BLOW
Globigerinoides gomitulus	(SEG.)
" obliquus	BOLLI
" trilobus	BOLLI
" irregularis	LE ROY
Orbulina bilobata	(D'ORB.)
" universa	D'ORB.
Sphaeroidinella rutschi	CUSHM. + RENZ
Sphaeroidinellopsis grimsdalei	(KEIJZER)
" seminulina	(SCHW.)

Globorotalia	crassaformis	GALLOWAY + WISSLER
"	mayeri	CUSH. + ELLISOR
"	menardii	(D'ORB.)
"	obesa	BOLLI
"	praemenardii	CUSH. + STAINF.
Anomalina	sp.	
Planulina	ariminensis	(D'ORB.)
Cibicides	sp.	

Die Abgrenzung des Sarmat (Messiniano) vom Torton stößt auf Schwierigkeiten. Die zögernde Veränderung der Mikrofauna läßt keine exakte Datierung des Überganges zu.

Obwohl die fazielle Änderung der Mergel nur sehr langsam vor sich geht, ist über dem Horizont des Kalksandsteins von il Casino bereits eine geringfügige Abweichung bemerkbar. Im Aufschluß zeigen die Mergel dort eine etwas hellere graue Färbung. Da die Mikrofauna aber noch einwandfrei dem Torton angehört, ist es unangebracht, den diskordanten Kontakt als Beginn des Obermiozän zu benutzen. Erst mit fortschreitendem Fazieswechsel, es treten z.B. in den Mergeln kleine Sulfatkörnchen auf, stellt sich ein langsamer Wandel der Mikroorganismen ein. Proben der oberen Marecchia-Serie oder des Kalksandsteins von il Casino erbrachten vergleichsweise noch die gleichen stratigraphisch wichtigen Formen wie die als untere Partien der Fanante Mergel ausgeschiedenen Schichten. Auffallen muß dagegen, daß die Fanante Mergel dennoch sehr viel arten- und individuenreicher werden. Planktonische und benthonische Foraminiferen sind etwa zu gleichen Teilen vertreten. Erst nahe den Gipsablagerungen besteht ein deutlicher Unterschied. Die Probe 6744 aus einer Mergellage etwa 2 m unter dem Gips enthält neben einigen Sandschalern und Lagiden nur noch Globigerinen, Globorotalien und Orbulinen. Kleinwüchsige Formen sind häufig.

G. RUGGIERI (1953, 1954, 1958) beschäftigte sich in dieser Region bisher als einziger mit dem Problem der Torton-Sarmat Wende. Er nimmt die Diskordanz als Grenze, obwohl auch er den tortonen Charakter der Fossilien erkennt. Nach seiner Auffassung weisen Fossilien und Fazies oberhalb des Kalksandsteinhorizontes auf höheren Salzgehalt des Wassers hin. Er wählt diesen Punkt willkürlich, da sich die härteren Schichten als einzige als Leithorizont anbieten. Eine exakte Trennung des

mittleren vom oberen Miozän ist so lange nicht möglich, wie eine genaue Erforschung der Evolution der Mikrofauna nicht vorliegt.

Das Problem der Unterteilung in Stufen versuchte P. ASCOLI (1957) in Verbindung mit dem "convegno sul Miocene" zu umgehen. Da die Miozänstufen in Italien bis heute noch nicht genau erforscht sind, schlägt er vor, eine Einteilung in Formationen vorzunehmen, die aufgrund der Mikro- und Makrofossilien bestimmt sind (für das Obermiozän verwendet er wieder den alten Begriff: *formazione gessoso solfifera*). Dieser Gliederungsversuch scheitert jedoch daran, daß, wie der Miozänkongreß 1964 in Bern zeigte, die meisten Zonen nicht nach einzelnen Spezies bestimmt wurden, sondern nach mehreren Spezies verschiedener Vorkommen. Demgemäß erhalten die verschiedenen Bearbeiter bei Aufstellung der Leitzonen große Unterschiede (C.W. DROOGER). Außerdem ließ ASCOLI unberücksichtigt, daß es im Apennin zur Zeit des Miozän auch zur Ablagerung faziell völlig anderer Sedimente kam, in denen durchaus unterschiedliche Faunengemeinschaften existiert haben können.

Für einen Übergang ins obere Miozän innerhalb der Fanante Mergel zwischen der Obergrenze des Kalksandsteins von il Casino und den Evaporiten sprechen tektonische Aspekte (vergl. Kap. E.2.). Neuere Arbeiten von E. GIANNINI, M. TONGIORGI (1962), R. NARDI (1965) und F. BALDACCI, P. ELTER u.a. (1967) weisen auf mehrere tektonische Phasen hin, die die Ausbildung des romagnolischen Sedimentationsraumes beeinflussten. Die Bewegung, die dort zur Faltung und damit zu dieser Diskordanz führte, fand im oberen Torton statt. Unter dieser Voraussetzung muß man den Fazieskomplex der Fanante Mergel zwischen oberstes Torton und mittleres Obermiozän einstufen. Nach Ansicht des Verf. schafft ein Moment aktiverer tektonischer Tätigkeit in einer fortlaufenden Entwicklung vom Obertorton bis ins untere Pliozän, nur eine geringe Schichtlücke im Obertorton.

2.7. Gips I

Die Zerlegung des Untergrundes in einzelne Restbecken, die sich mit dem Ende des Torton abzuzeichnen begann - verbunden mit der regressiven Tendenz des Meeres - führte schließlich

zu der Ablagerung von Gipsen. Damit findet der miozäne Zyklus, der mit bathyaler und pelagischer Sedimentation einsetzte, ein Ende.

Bereits in den oberen Schichten der unteren Fanante Mergel treten immer häufiger Bruchstücke kleiner Gipskristalle auf. Die Mikrofauna, die schon in Lagen mit vereinzelt Gipsstücken fast nur noch aus planktonischen Formen bestand, verschwindet fast vollkommen. Nur selten lassen sich einzelne Foraminiferen ausschlämmen.

Probe 6652 aus weißlich-grauen, gipsreichen Mergeln SW von Sapigno enthielt nur noch 2 Exemplare von
Globigerinoides ruber cyclostomus (GALLOW.+WISSLER)
Sphaeroidinellopsis seminulina (SCHWAGER)

Proben, die bei Bearbeitung der Grube von Perticara genommen wurden, enthielten nach Angaben von RUGGIERI (1958) einige benthonische Formen wie *Bulimina aculeata* und *Bolivina dilatata*. Diese Foraminiferen weisen auf obermiozänes Alter hin.

Die Ablagerung der Gipsbänke wird mit dem Absatz einer dünnen Bank aus weißem bis graugelbem Mergelkalk eingeleitet. Diese zwischen 5 und 20 cm schwankende Lage ist die Basisschicht der Gipsformation und wird als "cagnino" bezeichnet. Darauf folgen alternierend wenige Meter kalkiger oder mergeliger Schichten mit Gips. Es schließt sich eine im Gelände als herausragende Rippe zu sehende Gipsbank an, deren größte beobachtete Mächtigkeit 18 m beträgt. Diese Bank setzt sich aus vielen dünnen, z.T. weniger als 0,5 cm, Lagen zusammen, deren Färbung weiß, bräunlich, rosa oder violett ist. Dazwischen befinden sich Millimeter dünne Schnüre grauer Mergel. Diese Bank wird von einem Komplex abgelöst, der sich aus einer Wechsellagerung von Mergeln und Gipslagen zusammensetzt. Dessen höchste Mächtigkeit ist etwa 30 m. Darauf folgt erneut eine um 20 m schwankende feinkristalline Gipsbank.

Außer dem Gipsvorkommen des Synklinalraumes zwischen Sapigno, Maiano und Perticara gibt es eine zweite wesentlich kleinere autochthone Klippe NW von S. Agata Feltria. Sie liegt im gleichen Niveau. Die hier aufgeschlossenen Gipse bestehen ebenfalls aus einer feingeschichteten Wechsellagerung von weißen, braunen, gelblichen oder leicht violetten Schichten, die im einzelnen kaum über 0,5 cm mächtig werden. Die dunkleren Lagen

unterliegen der Verwitterung meist stärker, so daß bis zu 1 cm tiefe scharfkantige Erosionsrinnen entstehen. Die Gesamtmächtigkeit beträgt gut 100 m.

2.8. Obere Fanante Mergel

Im obersten Obermiozän ist der Höhepunkt der Gips sedimentation überschritten. Es setzt eine langsame Rückkehr zu normalen mergeligen Ablagerungen ein, die sich kontinuierlich anschließen. Diese auf die Gipse folgenden Mergel wurden als "obere Fanante Mergel" bezeichnet.

Entgegengesetzt der Tendenz der hangenden Partien der unteren Fanante Mergel nimmt der Gehalt an Gipsbruchstücken hier nach oben allmählich ab.

Westlich des M. Spelano im Quellgebiet des R. Nasseto sind die oberen Fanante Mergel über nahezu 120 m aufgeschlossen. Aus größerer Entfernung bietet sich der Anblick eines gleichmäßig geschichteten hellgrauen Gesteins. Im Aufschluß erscheinen die Mergel bei frischem Bruch mit mittelgrauer oder dunkelgrauer Farbe, sie sind zerschert. Die Schichtung ist schlecht zu messen. Die unteren Schichten sind entsprechend ihres Gipsgehaltes fossilifer. Ein Vergleich mit den Beobachtungen RUGGIERI'S zeigt unterschiedliche Ergebnisse. Er beschreibt hauptsächlich aus dem Gebiet nördlich von Mercato Saraceno bis Borello und zwischen Savio und Rabbi "una serie argillo-marnosa siltosa, con saltuarie intercalazioni di marne dure, o anche di calcari marnosi, e a volte di arenarie sottilmente stratificate, o grossolane, passanti addirittura a livelli ciottolosi o conglomeratici". Dieser Abfolge gibt er den Namen "strati a Melanopsis", weil in wenigen Schichten am Dach der "Formation" z.T. häufig Melanopsis (Gastropoda) auftreten. Die Mikrofauna, besonders des oberen Teils, ist nach diesem Autor auf einige Ostracoden beschränkt. Diese Aussage hat nur bedingt Gültigkeit, denn es konnten aus den mittleren Partien aus einem Horizont Foraminiferen ausgeschlämmt werden, die in ihrer Gemeinschaft dem Pliozän ähnlicher sind als dem Torton. Die Fossilien sind z.T. umgelagert und z.T. autochthon.

Es wurden bestimmt:

<i>Reophax papillosus</i>	(NEUG.)
<i>Ammodiscus incertus</i>	(D'ORB.)
<i>Karrerella</i> sp.	
<i>Martinotiella communis</i>	(D'ORB.)
<i>Quinqueloculina</i> sp.	
<i>Sigmoilina tenuis</i>	(CZJZEK)
<i>Robulus cultratus</i>	(FICHT. + MOLL)
<i>Lenticulina</i> sp.	
<i>Marginulina hirsuta</i>	D'ORB.
<i>Dentalina leguminiformis</i>	(BATSCHE)
<i>Nodosaria ovicula</i>	D'ORB.
" <i>raphanus</i>	(LINNE)
<i>Saracenaria italica</i>	DEFR.
<i>Vaginulinopsis inversa</i>	(COSTA)
<i>Lagena</i> sp.	
<i>Plectifrondicularia raricosta</i>	(KARRER)
<i>Bulimina costata</i>	D'ORB.
<i>Bolivina</i> sp.	
<i>Uvigerina flinti</i>	CUSH.
" <i>rutila</i>	CUSH.
<i>Siphonodosaria hispida</i>	(D'ORB.)
<i>Eponides umbonatus</i>	(REUSS)
<i>Siphonina reticulata</i>	(CZJZEK)
<i>Globigerina apertura</i>	CUSH.
" <i>bulloides</i>	D'ORB.
" <i>nepenthes</i>	TODD.
<i>Globigerinoides gomitulus</i>	(SEG.)
" <i>obliquus</i>	BOLLI
<i>Orbulina universa</i>	D'ORB.
<i>Globorotalia crassaformis</i>	GALLOWAY + WISSLER
" <i>obesa</i>	BOLLI
<i>Sphaeroidinellopsis grimsdalei</i>	(KEIJZER)
<i>Anomalina</i> sp.	
<i>Planulina ariminensis</i>	(D'ORB.)

2.9. M. Spelano-Serie

Die im Obermiozän nach Ablagerung der Gipse begonnene Ausdehnung des Meeres in diesem Gebiet setzt sich über die Wende des Sarmat zum Unterpliozän fort, dessen Schichten sich konkordant anschließen. Während der fortschreitenden Absenkung deutet sich ein neuer kurzer Zyklus an, in dem es zunächst zur Ablage flyschähnlicher Gesteine kommt, die nach der Erhebung des M. Spelano als M. Spelano-Serie bezeichnet wurden. Diese Gesteine sind auf der geologischen Karte Italiens, Blatt Mercato Saraceno, bei der Überarbeitung durch P. PRINCIPI (1933-37) als "calcarei marnosi con fucoidi e Nummuliti" ausgeschieden worden. Er parallelisiert sie also fälschlicherweise mit dem Alberese des mittleren Eozän, wie er z.B. in der Platte

des M. Carpegna anzutreffen ist. Tatsächlich bietet sich aus größerer Entfernung bei beiden Gesteinen ein ähnlicher Anblick. Dadurch ist wohl auch das "Eozän von Montegelli" und das fragliche Eozän bei Ca Finocchio zu erklären.

Die Gesteine der Spelano-Serie sind im Gebiet zwischen Savignano di Rigo, M. Spelano bis nördlich von Rontagnano in einer unterbrochenen Zone aufgeschlossen. Ihr Aussehen ähnelt zuerst noch sehr den oberen Fanante Mergeln, da der fazielle Wechsel langsam erfolgt. Mit zunehmender Höhe werden sie sandiger und kalkiger. Nahe Poggio Ciuffa sind in einem etwa 60 m hohen Aufschluß graubraune relativ dünnbankige Sandmergel anzutreffen, die mit mausgrauen, hellgrau bis gelblich verwitternden Kalkmergeln alternieren. Dazwischen befinden sich Kalkbänke bis zu 20 cm Mächtigkeit. Im Bereich des M. Spelano besteht die Lagerung nur noch aus zersplitterten Kalkmergeln und Sandmergeln mit geringer Härte in Verbindung mit Mergelkalk- oder Kalkbänken. Infolge des langsamen faziellen Wechsels ist auch die Beschaffenheit der Mikroorganismen nur einer langsamen Veränderung unterworfen. Das Auftreten von überwiegend planktonischen Foraminiferen in den unteren Schichten nimmt G. RUGGIERI als Anlaß für die Behauptung, die Rückkehr zu Bedingungen des offenen Meeres mit normaler Salinität sei rasch eingetreten. Stellt man sich jedoch ein abgeschnürtes Becken vor, das infolge langsamer Absenkung wieder in den Bereich des Meerwassers kommt, so wird verständlich, weshalb man zuerst planktonisch lebende Organismen antrifft. Vom Wellenschlag werden diese aus dem offenen Meer in ein Milieu eingeschwämmt, in dem die Bedingungen für eine benthonische Lebensweise naturgemäß noch schlecht sind. Erst bei weiterer Absenkung des Bodens, die eine stete weiträumige Verbindung mit dem Meerwasser zur Folge hat, wird dem Benthos das Vordringen ermöglicht. Die gleiche Beobachtung in umgekehrter Folge konnte in den unteren Fanante Mergeln gemacht werden, wo mit fortschreitendem Rückgang des Meeres ebenfalls benthonische Arten zurücktraten, bis nahe den Gipsen nur noch planktonische Foraminiferen vorhanden sind.

Bei Betrachtung der Schlammproben, die in den Mergeln eine verhältnismäßig gute in den Kalkmergeln usw. jedoch nur eine mäßig erhaltene Fauna aufweisen, fällt sofort auf, daß sie

durchweg *Orbulina universa* D'ORB. enthalten. Dieser Hinweis beweist zunächst, daß es sich bei der beschriebenen Serie keinesfalls um Eozän handeln kann, wie PRINCIPI behauptet hatte. Denn obgleich nach verschiedenen Autoren diese Art in verschiedenen stratigraphischen Zonen erstmalig auftritt, reicht doch keine Bestimmung tiefer als unteres Miozän. Die Bestimmung der übrigen Formen der M. Spelano-Serie spricht für unteres Pliozän:

<i>Robulus rotulatus</i>	(LAMARCK)
<i>Dentalina mucronata</i>	NEUG.
<i>Chrysalogonium</i> sp.	
<i>Vaginulinopsis</i> sp.	
<i>Nonion padanum</i>	PERCONIG
<i>Elphidium macellum</i>	(FICHT. + MOLL)
<i>Plectifrondicularia raricosta</i>	(KARRER)
<i>Orthomorphina challengeriana</i>	(THALM.)
<i>Bulimina</i> sp.	
<i>Bolivina</i> sp.	
<i>Uvigerina longistriata</i>	PERCONIG
<i>Siphonodosaria consobrina</i>	(D'ORB.)
<i>Pleurostomella alternans</i>	SCHW.
<i>Eponides haidingeri</i>	(BRADY)
" aff. <i>schreibersii</i>	(D'ORB.)
<i>Rotalia beccarii</i>	(LINNE)
" <i>perlucida</i>	HER. ALL. + EARL.
<i>Siphonina reticulata</i>	(CZJZEK)
<i>Globigerinoides trilobus</i> immaturus	LE ROY
" " irregularis	LE ROY
" " sacculifer	(BRADY)
" " trilobus	(REUSS)
" quadrilobatus	
<i>Globigerina bulloides</i>	D'ORB.
<i>Orbulina universa</i>	D'ORB.
<i>Sphaeroidinella bulloides</i>	
" <i>rutschi</i>	CUSH. + RENZ
<i>Porticulasphaera transitoria</i>	(BLOW)
<i>Cibicides</i> sp.	

2.10. Sandstein von Tornano

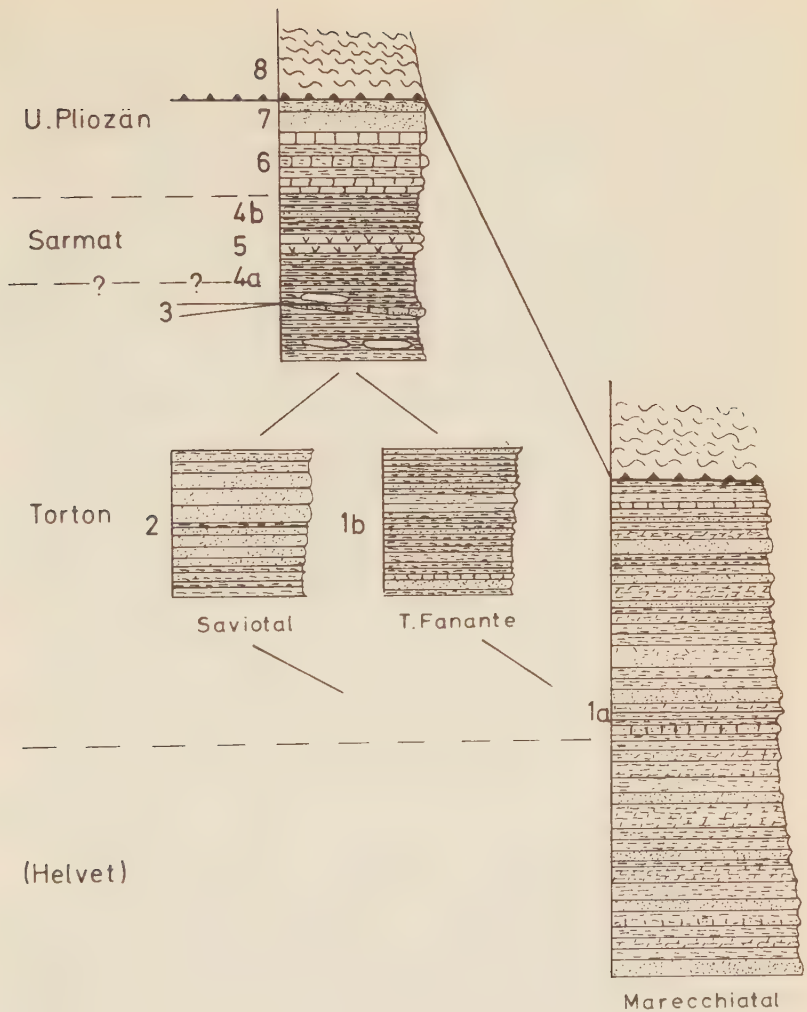
Im weiteren Verlauf der Entwicklung des Unterpliozän geht aus der kalkmergeligen M. Spelano-Serie ein molasseartiger Sandstein hervor, jedoch ist der Übergang nur an wenigen Stellen zu erkennen. Die Ortschaft Tornano auf diesem Sandstein war für diese Serie namensgebend.

Ein direkter Kontakt besteht bei Ca del Vento. Hier gehen die gut geschichteten Kalkmergel mit raschem Wechsel in gebankten weichen Sandstein mit gelber Färbung über. Ein Aufschluß an

der Abzweigung nach Tornano von der Straße zwischen Perticara und Rontagnano enthält Sandmergelschichten bis 10 cm im Wechsel mit gelben und braunen Sandsteinen unterschiedlicher Härte, wobei die braunen meist härter als die gelben sind. Der Ort Tornano liegt auf einer Klippe dickbankigen pliozänen Sandsteins. In die mehr als 5 m dicken Bänke sind häufig Konglomeratlagen eingeschaltet. Der Erhaltungsgrad der Fossilien ist schlecht. Einige Miliolidae, Nonionidae und Rotaliidae zeigen an, daß es sich bei diesem Sediment um eine Ablagerung im Seichtwasser handeln muß. Eine exakte Altersangabe ist mit diesen Arten nicht möglich.

Quinqueloculina bicarinata	D'ORB.
Nodosaria sp.	
Elphidium crispum	(LINNE)
Rotalia beccarii	(LINNE)
Cibicides sp.	

Mit den unterpliozänen Serien ist die Abfolge des Autochthon abgeschlossen (siehe Abb. 5).



- | | | | |
|---|--------------------------|---|--------------------|
| a | untere Marecchia - Serie | 5 | Gips I |
| b | obere " " | 6 | M. Spelano - Serie |
| 2 | Serie von Mercato Sarac. | 7 | Sdst. von Tornano |
| 3 | Kalksdst. von il Casino | 8 | Argille caotiche |
| a | untere Fanantermargel | | |
| b | obere " " | | |

Abb. 5: Schematische Übersicht des Autochthon

3. Allochthon

3.1. Einführung zum Allochthon

Zusammen mit den "Argille scagliose" treten im Marecchiatal die verschiedenartigsten allochthonen Gesteine auf. G. BONA-RELLI (1929) und F. SACCO (1936) hatten dies noch nicht erkannt. SACCO hielt die gesamte Abfolge in diesem Bereich für autochthon und erklärte das Auftreten von bathyalen Sedimenten bis zu Flachwasserablagerungen mit einer allmählich fortschreitenden Hebung des Untergrundes. Das Fehlen des Oligozän deutete er als Folge intensiver orogenetischer Bewegungen. Er übersah, daß hier Sedimente gleichen Alters mit völlig verschiedener Fazies nebeneinander liegen. R.B. BEHRMANN (1936) erkannte die Allochthonie der Argille scagliose und ihrer Begleitgesteine und ordnete sie einer einzigen ligurischen Decke zu, die er in einem großartigen "Schub" aus einer W gelegenen Zone kommen ließ. In Übereinstimmung mit der Idee der "Frane orogeniche" von C. MIGLIORINI (1933) und M. ANELLI (1938) sah R. SIGNORINI (1940) die Vorwärtsbewegung der "Argille scagliose" bis in das Gebiet der Romagna in dem wiederholten Aufleben orogener Impulse, wobei durch aufeinanderfolgende Aufwölbungen (rughe) Elemente der internen Zonen gravitativ nach NE abglitten und sich auf immer jüngere Gesteine legten. P. PRINCIPI (1936) hielt die Tone der Marecchiastörungszone für Diapirin intrusionen der unterlagernden Argille scagliose in die einheitliche mesomiozäne Serie. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam BEHRMANN (1958), der in dem Allochthon seiner ehemaligen ligurischen Decke auf einer "Querschwelle" von San Marino einen altsteirischen Diapirismus sah. Nach G. MERLA (1951) bewirkte das kontinuierliche Fortschreiten der Trogachse die Verfrachtung der Liguriden. Als Beweis sah er das immer geringere Auftreten von Ophiolithkörpern und die zunehmend chaotischere Lagerung der Argille scagliose in NE Richtung an. Im Gegensatz dazu vertrat E. BENEIO (1956) die Ansicht, daß der stärker aufgelöste Verband des Olisthostroms (in der Begriffsbestimmung von G. FLORES (1955)) dem Ursprungsgebiet näher gelegen hat, da mit weiterer Entfernung eine sekundäre Schichtung erfolgt. K. GÖRLER und K.J. REUTTER (1968) sagen, daß sich der primäre Schicht-

verband umso stärker auflöst, je weniger verfestigt das Ausgangssediment war und je weiter dieser Transport geht. Die Pseudoschichtung, glauben sie, ist durch laminares Fließen des Schlammstromes verursacht worden.

Das Olisthostrom trägt auf seinem Weg Olistholithe und Gleitdecken mit sich, deren Entstehung auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein kann. Diese meist als Klippen erhalten gebliebenen Vorkommen sind bisher als Parautochthon (P. DE WIJKERSLOOTH 1934, G. RUGGIERI 1953, 1956, 1958) und als Neoautochthon (W. SÜSS 1964) bezeichnet worden. Nach der Definition von MURAWSKI (1963) sind Gesteine als Parautochthon zu betrachten, wenn sie Überschiebungsdecken geringer Schubweite in noch unmittelbarer Verbindung mit dem Wurzelgebiet angehören. Das trifft im Bereich des Marecchiaolisthostroms nicht oder nur sehr begrenzt zu. Ebenso spricht der Bewegungsvorgang *gegen* die Bezeichnung Neoautochthon. Die exotischen Serien wurden deshalb alle als Allochthon ausgeschieden und in mehrere Gruppen unterteilt. Es sind:

- Gruppe A = Argille caotiche und Tertiäralberese mit Begleitgesteinen
- B = Monte Ercole-Sandstein
- C = T. Mazzocco-Serie
- D = Titano-Fumaiolo Gruppe

3.2. Argille caotiche

(Argille caotiche II und III und Argille von Ca Maiano)

Die Argille caotiche (chaotische Tone und Tonmergel) erscheinen im Marecchiatal und im Saviotal über dem Autochthon. Es besteht heute kein Zweifel mehr daran, daß es sich um eine allochthone Serie handelt. Der Name Argille caotiche wird in Anlehnung an den in Italien eingewöhnten Faziesbegriff "Argille scagliose" benutzt, da in diesem Gebiet in den meisten Aufschlüssen die Auflösung des ehemaligen Schichtverbandes bis zur völligen Chaotisierung fortgeschritten ist.

Die Argille caotiche bedecken im Kartierungsgebiet ein Areal von über 200 qkm und bilden damit die größte zusammenhängende stratigraphische Einheit. Sie treten teils an der Oberfläche auf, teils sind sie von auflagernden Gleitdecken oder Olistho-

lithen bedeckt. Im Westen werden sie im Bereich des Marecchia-tals von den vermergelnden Teilen der Marecchia-Serie, weiter nach N von den Fanante Mergeln oder den unterpliozänen Folgen begrenzt. Im E reichen die Vorkommen bis an die jungpliozänen Serien östlich der Linie Verucchio - San Marino. Darüber hinaus ist kein Auftreten von Argille caotiche-Aufschlüssen bekannt.

Südlich von Pennabilli ziehen sie sich in einem immer enger werdenden Schlauch in SW Richtung nach Badia Tedalda, von dort in die sogenannte "striscia anomala", mit den Klippen des M. Fumaiolo und in den großen Komplex um Pieve S. Stefano. Die Abgrenzung der chaotischen Tone sowohl von der Marecchia-Serie als auch von den obermiozänen Serien ist nicht immer einfach vorzunehmen, da auch die autochthonen Serien in Kontaktnähe meist mergelig ausgebildet sind. Dennoch lassen diese trotz Überprägung während der Überschiebung meist noch eine angedeutete Schichtung erkennen. Sie enthalten außerdem fast immer einen hohen Anteil feinverteilter Glimmerschüppchen, die oft schon makroskopisch an der Oberfläche erkenntlich sind.

Die Argille caotiche bilden eine sehr heterogene Serie. Infolge ihrer hohen Quellfähigkeit und der damit verbundenen Plastizität sind die Aufschlußverhältnisse sehr unterschiedlich. Vielfach entstehen durch die Einwirkung der Erosion sanft geschwungene Hänge, die von einer dichten Hartgrasdecke überwachsen sind. Größere Anrisse sind dann meist nicht vorhanden. Treten die Tone in etwas größeren Höhen auf, so bemerkt man ein deutliches Ansteigen der Hangneigungen. Die erodierende Kraft des Wassers läßt Hänge mit steilerem Böschungswinkel entstehen. In diesen Bereichen macht sich das plastische Verhalten des Materials besonders häufig durch Hangrutschungen und Bergschlipfe bemerkbar. Dadurch entstehen weitläufige Flächen, die völlig unbewachsen sind. In den Einschnitten der Bachläufe lassen sich Hangneigungen bis zu 75° beobachten, wenn durch die Sonneneinstrahlung die Verdunstung so weit gefördert wird, daß die obere Schicht vollkommen austrocknet. Die ehemals schmierige Masse bildet dann an der Oberfläche einen steinharten Überzug, der in viele gekrümmte Schüppchen oder Knötchen zerteilt ist. P. DE WIJKERSLOOTH (1934) beschreibt die Oberfläche als in kleine flammenförmige Einzel-

teile zerspalten. Unter dieser "Haut" bietet sich fast im gesamten Aufnahmegebiet das gleiche Bild. Der ehemalige Schichtverband ist vollständig aufgelöst. Eine stratigraphische Abfolge ist nicht mehr zu erkennen. Die Tone und Tonmergel sind dermaßen zusammengeknetet, daß hellgraues, dunkelgraues, grün-schwarzes, glibliches, weißes oder rotes Material schlierenförmig ineinander übergeht. In dieser Masse liegen regellos verstreut Brocken grüner harter Kalke, Sandsteine und Sandkalke bräunlicher bis gelblicher Färbung. Gebiete, in denen rote Schiefertone überwiegen (Argille caotiche von Ca Maiano) zeichnen sich durch Häufigkeit von Manganknollen bis zu 10 cm Durchmesser aus. Selten sind Aufschlüsse mit schwarzen fettigglänzenden Tönen. Ein nur wenige qm großer Anriß davon wurde zwischen Vla. Maindi und Vla. Santoni südlich von Pennabilli gefunden, ein zweites Vorkommen bei Baggararbeiten an einem Steinbruch unterhalb des organogenen Kalkes am Ostabhang des M. Ceti. Solche Schwarzfärbung, die durch Bitumenimprägnation entstanden ist, wurde auch von P. PRINCIPI (1925) von Miratoio im Tal des T. Conca gemeldet. Bituminöse Schiefer in den Argille scagliose erwähnt auch R. SIGNORINI (1946) aus der striscia anomala. Sie sollen sich dort im Fso. della Rupina (Fso. della Bigotta) unterhalb Senatello befinden.

In der Grundmasse der Argille caotiche existieren an wenigen Stellen Aufschlüsse, in denen die Schichtung partiell erhalten geblieben ist. In keinem Fall bestand die Möglichkeit, sie miteinander zu parallelisieren. Desgleichen gelang es aufgrund ihrer isolierten Lage nicht zu ermitteln, welchem Horizont sie im ursprünglichen Sedimentationsraum zugeordnet werden können.

1. Zwischen die Albereseplatten des M. Carpegna und des M. Canale schiebt sich keilförmig ein Ausläufer der Argille caotiche nach N bis Cantoniera. Nahe der kleinen Kapelle an der Straße zwischen Cantoniera und Pennabilli befindet sich am nur wenige Meter hohen Straßenrand der einzige gute Aufschluß. Man erkennt hauptsächlich dunkelgraue geschichtete Mergel. Einige Schichten haben rotbraune, grünliche oder auch schwarze Färbung. In Abständen von 10-30 cm werden die feinen Lagen von graubraunen Sandkalkbänken unterbrochen, deren Mächtigkeit im allgemeinen um 5 cm schwankt. Zwischen einigen dieser Bänke

sind die feinen tonmergeligen Schichten schalenartig verbogen, so daß ovale oder linsenförmige Gebilde entstehen. Im Kern sind diese meist zerrüttet oder wie an einer Stelle sichtbar wird, von einer stärkeren Schicht durchkreuzt. Die Entstehungsweise könnte mit Rutschstrukturen oder Rutschfältelungen des noch unverfestigten Materials während der Ablagerung des olisthromatischen Materials gedeutet werden. Eine andere unwahrscheinlichere Entstehungsweise könnte man in unterschiedlicher Kontraktion der feinen Schichten infolge eines Konzentrationsgefälles (z.B. Karbonat) sehen.

Die ausgeschlammten Proben aus den Tonmergeln ergaben:

Rhizammina sp.	
Psammosiphonella sp.	
Batysiphon sp.	
Glomospira charoides	(JON. + PARK.)
" gordialis	(JON. + PARK.)
Ammodiscus sp.	
Haplophragmoides topagorukensis	(TAPPAN)
Cyclammina sp.	
Textularia sp.	

2. Ein anderer Aufschluß, in dem noch geschichtete Argille zu sehen sind, befindet sich an der Straße nach S. Leo, südlich von i Pianacci zwischen K 24 und K 25. Das Vorkommen ist - soweit ersichtlich - an allen Seiten von chaotisch gelagerten Tonen umgeben. Ein langsamer Übergang von geschichtetem Material zum zerrütteten Teil konnte an keiner Stelle beobachtet werden. Die Ausbildung der einzelnen Lagen ist denen von Cantoniera ähnlich. Auch hier handelt es sich um lagig zerscherterte Tonmergel von maximal 30 cm Mächtigkeit. Sie werden mit scharfem Übergang von braunen oder graubraunen Sandkalkbänken abgelöst, deren Stärke zwischen 2 und 20 cm schwankt. Diese sind von zahlreichen kleinen Klüften durchsetzt, die sich in dem weichen Gestein des Hangenden und Liegenden nur selten abzeichnen. Das Aufschlußbild zeigt mehrere sinusförmige angelegte Falten von etwa 1-2 m Höhe.

Die Schlammproben erwiesen sich bis auf die Proben 6630 und 9124 als vollkommen fossilileer. Diese enthielten:

Rhabdammina sp.	
Ammodiscus incertus	D'ORB.
Gümbelina globulosa	EHRENBERG
" midwayensis	CUSHMEN ?
Globigerina pseudobulloides	PLUMMER

3. Bei Ca Satanasso, etwa 1 km NE vom M. Fagnano, existiert ein etwa 4 x 3 m großer Anriß, der zum größten Teil chaotisch gelagerte hellgraue Tonmergel enthält. Rote Tone kommen darin nur ganz vereinzelt als Schmitzen vor. In diese Grundmasse sind mehrere Teile eines maximal 20 cm mächtigen Sandkalkhorizontes eingeschaltet. Die einzelnen bis zu 3 cm dicken arenitischen Schichten werden jeweils von dünnen mergeligen Zwischenlagen abgelöst.

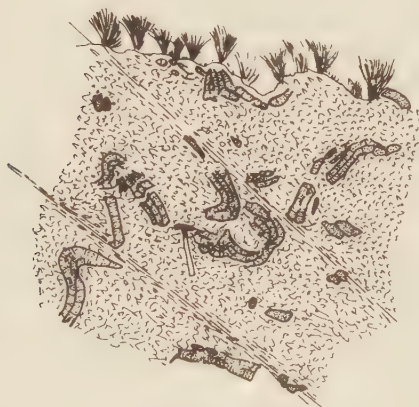


Abb. 6 Zerrütteter Sandkalkhorizont in Argille caotiche

Dieser Horizont ist so stark verfaltet, daß das ehemals zusammenhängende Faltengebilde kaum noch zu erkennen ist. Einzelne Bänke sind boudiniert, andere von vielen kleinen Klüften durchzogen. Die Entstehung kann man sich derart vorstellen, daß der bereits gefaltete Horizont an zwei parallel verlaufenden Gleitflächen während des Transportes des Olisthostroms zerscherte und zerriß. Die Kluftlinien deuten sich noch in der Schleppung der kompetenten Gesteine an, während sie in den Tonen fast verschluckt sind.

Östlich von Maioletto sind die Argille caotiche im Fso.

Cacarello vom Wasserspiegel des Baches bis unter die Rocca di Maioletto ungefähr 150 m hoch aufgeschlossen. Aus größerer Entfernung sind mehrere scharf voneinander abgegrenzte Bänder zu erkennen, deren Mächtigkeit bis über 25 m betragen kann. Im Liegenden des Aufschlusses sind schwarzgraue Tone oder Tonmergel zu sehen, in denen nicht selten Manganknollen und mit einer Manganschicht überzogene Gerölle auftreten. Zum Hangenden schalten sich immer häufiger hellgrau oder weißlichgrau gefärbte Mergelbänder ein, die jedoch verschiedentlich von roten oder schwarzen "Schichten" unterbrochen werden. Insgesamt entsteht der Eindruck, daß von unten nach oben die Farbe der Lagen heller wird. Solche Bänderung ist in der Literatur als Pseudoschichtung bekannt. Sie soll durch laminares Fließen des Schlammstroms entstanden sein. Man muß dabei von der Vorstellung ausgehen, daß ein Olisthostrom nicht als ganzes bewegt wird, sondern in einem Prozeß der ständigen Umwälzung oberflächlich Material abgibt, das der Hauptmasse vorausgleitet. Durch ständiges Wiederholen dieses Vorganges kann man das Vordringen des Olisthostroms erklären. Die beschriebenen unterschiedlich gefärbten Bänder sind jeweils das Produkt des vorangeglittenen Materials. Der scharfe Kontakt zwischen zwei Bändern zeigt an, daß die Materialzufuhr nicht kontinuierlich war.

In dem Aufschluß im Fso. Cacarello sind einige Male boudinierete Mergelkalkbänke von etwa 5 cm Mächtigkeit in die chaotischen Tonlagen eingeschaltet. Diese Schichten in Verbindung mit der Bänderung der Tone erwecken zunächst den Eindruck, als handele es sich bei dieser Abfolge noch um die ursprüngliche Schichtanordnung der "Argille scagliose". Dann bleibt aber unerklärlich, warum während des "turbulenten" Transportes des Olisthostroms die dünnen harten Schichten nicht ebenfalls zerstört und aufgelöst wurden. Eine Erklärung findet sich in der Annahme, daß in einer zeitweiligen Ruhepause auf dem Schlammstrom Normalsediment abgelagert wurde. Diese Ruhezeit muß sich nicht an der Trennungslinie zwischen zwei unterschiedlich gefärbten Bändern markieren, sondern kann auch - wie in diesem Aufschluß beobachtet - innerhalb einer Lage sein. Das setzt dann jedoch voraus, daß nach Sedimentation der Mergelkalkbänke eine erneute Zufuhr des gleichen Materi-

als wie unter den Bänken begann. Da zwischen zwei verschiedenen Bändern in diesem Vorkommen nie kompetente Gesteine des Normal-sediments zu finden sind, muß man annehmen, daß die Ankunft des nächsten Schlammstromes rasch erfolgte, so daß sich in der kurzen Zeitspanne keine Normalsedimentation bilden konnte. Leider kann der Beweis, daß es sich bei den Zwischenlagen um Normalsedimentation handelt, die wesentlich jünger sein müßte, mit Foraminiferen nicht erbracht werden, da alle Proben steril waren.

Das Alter der durchgekneten Serie zu bestimmen, ist naturgemäß schwierig, da man annehmen muß, daß bei der Vorwärtsbewegung des Olisthostroms jedes Sedimentteilchen und damit auch jedes Mikrofossil häufig aufgewirbelt und resedimentiert worden ist. Ob es sich heute noch in Verbindung mit der ursprünglich umgebenden Matrix befindet, ist fraglich. Dazu kommt, daß das Marecchia-Olisthostrom während seines Gleitvorganges mindestens Sedimente vom Helvet bis zum Unterpliozän einschließlich überfahren hat. Während dieses Schlammflußstadiums über überwiegend unverfestigte Ablagerungen wurden Teile assimiliert und mitverfrachtet. Es finden sich daher in zahlreichen ausgeschlammten Proben Foraminiferen z.B. des Torton, des Obermiozän und auch noch des Unterpliozän. Da diese Formen zur Altersbestimmung der Argille caotiche nicht herangezogen werden können, werden sie in den folgenden Aufstellungen nicht berücksichtigt.

Probe 6640 : rote, vollkommen zersplitterte Kalkmergel aus dem Fso. della Doccia südlich Torricella

Chilugümbelina parallela	BECKMANN
" wilcoxensis	(CUSHMAN + PONTON)

Probe 6643 : rote und graue Tone aus der Frana SW des Rocca di Maioretto

Cyclammina sp.	
Glomospira charoides	(JON. + PARK.)
" gordialis	(JON. + PARK.)

Probe 6660 : weiße schmierige Tonmergel aus der Niederung zwischen Massamanente und M. Fagnano

Schackoina cenomana	(SCHACKO)
Rotalipora appenninica	(RENZ)
Praeglobotruncana stephani	(GANDOLFI)
Hastigerina sp.	
Globigerina cretacea	D'ORB.

- Probe 6662 : rostrote Tone von C. Belvedere (südl. Montetiffi)
- | | |
|-----------------------------|----------------|
| <i>Ammodiscus incertus</i> | (D'ORB.) |
| <i>Glomospira charoides</i> | (JON. + PARK.) |
| " aff. <i>gordialis</i> | (JON. + PARK.) |
| <i>Haplophragmoides</i> sp. | |
| <i>Lagena hispida</i> | REUSS |
| <i>Globulina lacrima</i> | REUSS |
| <i>Globigerina varianta</i> | (SUBBOTINA) |
- Proben 6328, 6336 : rote und dunkelgraue Mergel bzw. Tonmergel vom Rio Gavo etwa 10 m unterhalb der Mo. di Scavolino
- | | |
|-----------------------------|----------------|
| <i>Rhizammina</i> sp. | |
| <i>Ammodiscus incertus</i> | (D'ORB.) |
| <i>Glomospira charoides</i> | (JON. + PARK.) |
| <i>Haplophragmoides</i> sp. | |
| <i>Globigerina prolata</i> | BOLLI |
- Probe 6384 : hellgraue Mergel 30 m südlich der Straßenabzweigung nach Pereto (W d. M. Silvestro)
- | | |
|------------------------------------|-----------|
| <i>Schackoina cenomana</i> | (SCHACKO) |
| <i>Praeglobotruncana coarctata</i> | BOLLI |
| <i>Truncorotalia</i> sp. | |
| <i>Dentalina</i> sp. | |
- Probe 6395 : rote und graue Tonmergel 100 m W von Mad. na del Soccorso NE S. Agata Feltria
- | | |
|------------------------------------|-------------------|
| <i>Batysiphon</i> sp. | |
| <i>Ammodiscus glabratus</i> | CUSHMAN + JARVIS |
| <i>Glomospira charoides corona</i> | CUSHMAN + JARVIS |
| <i>Haplophragmoides</i> sp. | |
| <i>Ammobaculites</i> sp. | |
| <i>Spiroplectammina dentata</i> | (ALTH.) |
| <i>Trochammina</i> sp. | |
| <i>Dorothia</i> sp. | |
| <i>Globorotalia perclara</i> | LOEBLICH + TAPPAN |

Die Aufzählung fossilführender Fundpunkte täuscht darüber hinweg, daß die Argille caotiche recht steril sind. Der weitest- aus größte Teil der Proben erwies sich als vollkommen frei von Foraminiferen. Eine Schlammprobe enthielt mehrere gut erhaltene Fischzähne. Makrofossilien wurden nicht aufgefunden. G. SCARABELLI (1880) soll jedoch bei Ca di Panico (Ripa Canea) etwa 2,5 km südlich von Novafeltria Ammoniten und Inoceramen aufgefunden haben. P. PRINCIPI (1925) meldet den Fund eines Bruchstückes einer ? *Schloenbachia*.

Die bestimmten Fossilien, sowohl der aufgelösten als auch der gebankten Aufschlüsse der Argille caotiche, ergaben ein Alter von Cenoman bis Oligozän. Es entsteht dadurch die Schwierig-

keit, den Kontakt zum auflagernden Alberese zu definieren, für den Mitteleozän bestimmt wurde (siehe Kap. D.3.4.). Verschiedene Aufschlüsse der Albereseplatte des M. Carpegna zeigten im Liegenden einen konkordanten stratigraphischen Übergang zu den Argille caotiche. Erweist sich dies für den gesamten eozänen Flyschkomplex als zutreffend, dann muß das Alter der Argille caotiche auf Oberkreide bis Paläozän und Unter-eozän beschränkt werden. Die oligozänen Foraminiferen sind dann wie die miozänen Fossilien bei der Überschiebung des Olisthostroms über das Autochthon assimiliert worden. Nach Aussage von W. FREY (1968) wurden aus den Argille caotiche der "striscia anomala" vorwiegend Oligozänformen ausgeschlämmt. Das mag als Indiz gelten, daß dort tiefere Teile des Olisthostroms liegen, die größtenteils über oligozäne Sedimente geglitten sind. Während des Weitertransportes bis zum heutigen Stand kam es dann nicht mehr zu einer vollkommenen Umwälzung des Schlammstromes.

Die Mächtigkeit der chaotischen Serie ist nur ungenau zu bestimmen. Da die Überschiebung auf ein unterschiedliches Relief erfolgte, ist keine gleichmächtige Folge zu erwarten. Wahrscheinlich schwankt die Mächtigkeit zwischen 200 m und 400 m.

3.3. Ophiolithbrekzie

Ophiolithbrekzien werden schon in der älteren Literatur häufig in Verbindung mit den "Argille scagliose" oder dem Alberese genannt. Sie sind im Apennin an vielen Stellen anzutreffen, ihre Häufigkeit nimmt aber von der Tyrrhenis zur Adria ständig ab. B. LOTTI (1910) beschrieb aus dem oberen Tiber-tal Ophiolithe im Alberese. Er stellte dazu fest, daß sie bisweilen auch der "tonig-kalkigen Formation", also den Argille scagliose angehören. In verschiedenen Arbeiten (1924, 1929, 1939) sah P. PRINCIPI einen direkten Kontakt zwischen dem Alberese und verschiedentlich den Argille scagliose einerseits und dem Ophiolith andererseits. Im Bereich des Kontaktes wird der Ophiolith in eine Brekzie umgeformt, die er "Pseudo-sandstein" nennt. Die Ausbildung der Brekzien bringt er in Zusammenhang mit tektonischen Bewegungen. Nach Ansicht von

PRINCIPI haben die "Argille" den Alberese diapirisch durchstoßen.

Zum Ursprung und zur Herkunft der Ophiolithbrekzien schrieb C. MIGLIORINI (1940) u.a.: Bei Florenz und in zahlreichen anderen Vorkommen weiter E, treten viele Brekzieneinschaltungen im unteren Teil der Argille scagliose auf. In den beobachteten Vorkommen sind die Brekzien chaotisch und eingeknetet. Die ehemalige Schichtung ist verloren, die eingelagerten härteren Gesteine haben keinen Zusammenhang mehr. Nur noch schwache Kontinuität ist in den Brekzienbänken zu erkennen. MIGLIORINI glaubt, daß die Ophiolithbrekzien durch Sedimentation in die Argille scagliose geraten seien, nachdem diese verzerrt und in chaotischen Zustand versetzt wurden. Mit einer Serie von orogenen Franen seien sie dann von der Tyrrhenis zur Adria bewegt worden. Das Eindringen von Ophiolithmassen hielten B. MILANOVIC und ST. KARAMATA (1955) auch in der Form von abgekühlten und bereits serpentinierten Gesteinskörpern für möglich. Auch V. BORTOLOTTI (1962) hält die Ophiolithe nicht für im magmatischen Stadium eingedrungen, sondern als kalte umgelagerte Körper. Zwischen dem Alberese bei Pieve S. Stefano und dem Ophiolith sieht er einen sedimentären Kontakt. In einer Übergangszone besteht eine Wechsellagerung aus Alberese und Brekzie. Im Gegensatz dazu befinden sich Beobachtungen von M. RICHTER (1962). Er glaubt, daß die Serpentinite und deren Begleitgesteine zur Zeit des unteren Alberese eingedrungen seien, da Schollen mit Kontaktbeeinflussung erkennbar sind. Desgleichen befinden sich Ophiolithtuffe mit Argille scagliose, Alberese, Jurakalken und Radiolariten im Alberese. Die von M. RICHTER und V. BORTOLOTTI beschriebenen Ophiolithmassen im Alberese um Pieve S. Stefano sind die letzten Aufschlüsse, die eine Datierung des Eindringens ermöglichen. Nach E verlieren die Vorkommen rasch an Größe und Häufigkeit. In der von R. SIGNORINI sogenannten "striscia anomala", die sich von Badia Tedalda im Marecchiatal nach NW ausdehnt, existieren nach W. FREY (1966) nur noch drei Aufschlüsse mit Ophiolithbrekzien. Sie befinden sich dort durchweg im Alberese nahe der Kontaktzone zu den Argille caotiche. Das Marecchia-Olisthostrom im Aufnahmegebiet ist bis auf einen Block von etwa 10 m Höhe und zahlreichen Lesesteinen auf den umlie-

genden Feldern frei von Ophiolithbrekzien. Dieser Block liegt etwa 1 km WNW von Secchiano. Er entspricht wohl dem, der in der Literatur mit dem Vorkommen von "il Poggiale" angegeben wird. Erwähnt wurde dieses kleine Vorkommen schon von G. SCARABELLI (1880). Es ist ringsum von Argille caotiche umgeben. Im Kontakt zu anderen Gesteinen befindet es sich nicht. Es handelt sich um eine stark verwitterte Brekzie. Die Oberfläche ist an den meisten Stellen bis zu 0,5 m stark vergrust, so daß es schwierig ist, dieses Material zur Herstellung von Dünnschliffen zu verwenden. Das makroskopisch gewonnene Bild der Verwitterung spiegelt sich auch im mikroskopischen Bereich in der Umwandlung der Minerale wider.

Schliff 6645 : Das Ausgangsgestein war ein Pyroxen-Gabbro. Darin wurden zuerst die Pyroxene durch Hydratation serpentinisiert. Diese Serpentinisierung wurde von einer Prehnitisierung verdrängt. Reste des Prehnit sind noch erkennbar. Den Abschluß der Autometamorphose bildet die Ca-Mobilisation (Karbonatisierung), die durch Epidot-Zoisitbildung betont wird. Das Gestein wird von dünnen Kalkspatadern durchzogen.

Schliff 6647 : Mineralbestand: große Plagioklase (Bytownit) und Orthopyroxene (Enstatit) in Pflasterstruktur. Daneben treten Serpentin, Skapolith, Prehnit, Kalzit, Epidot, Chlorit und Zirkon auf.

Bei dem Gestein dieses Schliffes handelt es sich nach Aussage von Dipl.Geol. F. SELIGMANN um Norit. Damit gewinnt das Vorkommen von "il Poggiale" Bedeutung, denn neben Peridotit und Gabbro ist im gesamten Bereich des Nordapennin bisher kaum ein Aufschluß mit Norit bekannt geworden.

3.4. Carpegna-Alberese

Der Begriff "Alberese" wurde schon im vorigen Jahrhundert von CAPELLINI und SAVI geprägt. Er ist heute nur noch als Faziesbegriff verwendbar. Zur Unterscheidung von anderen Alberesetypen wurde für den Kalk-Mergel-Sandsteinflysch, der im Marecchiatal hauptsächlich in der großen Platte des M. Carpegna ansteht, die Bezeichnung Carpegna-Alberese gewählt. Obwohl diese Serie seit langem bekannt ist, wurde sie nur selten näher beschrieben. Als einer der Ersten stellte G. SCARABELLI (1880) die Kalke z.T. in die Kreide und z.T. ins obere Eozän. F. SACCO

(1899) bestimmte für dieselben Schichten unteres bis mittleres Eozän, während CHELUSSI (1905) die gesamte Abfolge wieder in die obere Kreide stellte. P. PRINCIPI (1925) erkannte nach Bestimmungen von Fucoiden und Zoophycos mittleres Eozän. Andere Fossilien beschrieb er nicht. Auf der 1933-37 von P. PRINCIPI revidierten geologischen Karte, sind die Alberesevorkommen als "calcarei marnosi con fucoidi e Nummuliti" aus-
geschieden und mit einem Alter zwischen mittlerem und oberem Eozän belegt.

Das größte Vorkommen ist eine schräggestellte Platte, die sich aus dem M. Carpegna (1415 m), Testa del Monte (1399 m), M. Palazzolo (1194 m) und dem M. Costagrande (1101 m) zusammensetzt. Nach SW hat sie in der Erhebung des M. Canale (1052 m) einen Ausläufer, der fast bis an die letzten Aufschlüsse der Marecchiaserie heranreicht. Beide werden nur von einem wenige hundert Meter breiten Gürtel der Argille caotiche getrennt. Im Norden begrenzen die Argille caotiche die Alberesevorkommen nördlich der Straße von Pte. Molino Baffoni nach Mad.^{na} di Pugliano. Über einen schmalen Steg, dessen engste Stelle nur 250 m beträgt, besteht nach NE eine Verbindung zu einem zweiten Vorkommen, das zwischen der Klippe von S. Leo und Fiorentino im S von S. Marino liegt.

Der aufgeschlossene Alberese besteht aus einer mindestens 500 m mächtigen Folge. Er setzt sich aus mittelgrauen Mergelkalkbänken, deren Mächtigkeit bis 10 m ansteigt, stark zerschuppten dunklen Mergeln und Schieferen, deren Stärke vom cm-Bereich bis zu mehreren Metern schwankt und häufigen Sandkalkbänken, deren Mächtigkeit selten 40 cm übersteigt, zusammen. Harte dichte Kalke meist mit weißgrauer oder grau-gelber Farbe und braune Sandsteinlagen sind relativ selten. Zur Veranschaulichung der rhythmischen Flyschsedimentation wurden zwischen zwei Störungen mit geringem Versatz, am W Hang des M. Carpegna unterhalb der Steilstufe einzelne Sequenzen der Albereseschichten ausgezählt und zu einem Diagramm zusammengestellt. Anhand einer lithologischen Kurve läßt sich bereits mit einem kleinen Ausschnitt aus der mächtigen Abfolge der sich immer wiederholende Sedimentationsrhythmus verdeutlichen (Abb. 7).

Das gleiche Bild spiegeln die Aufschlüsse entlang der Straße

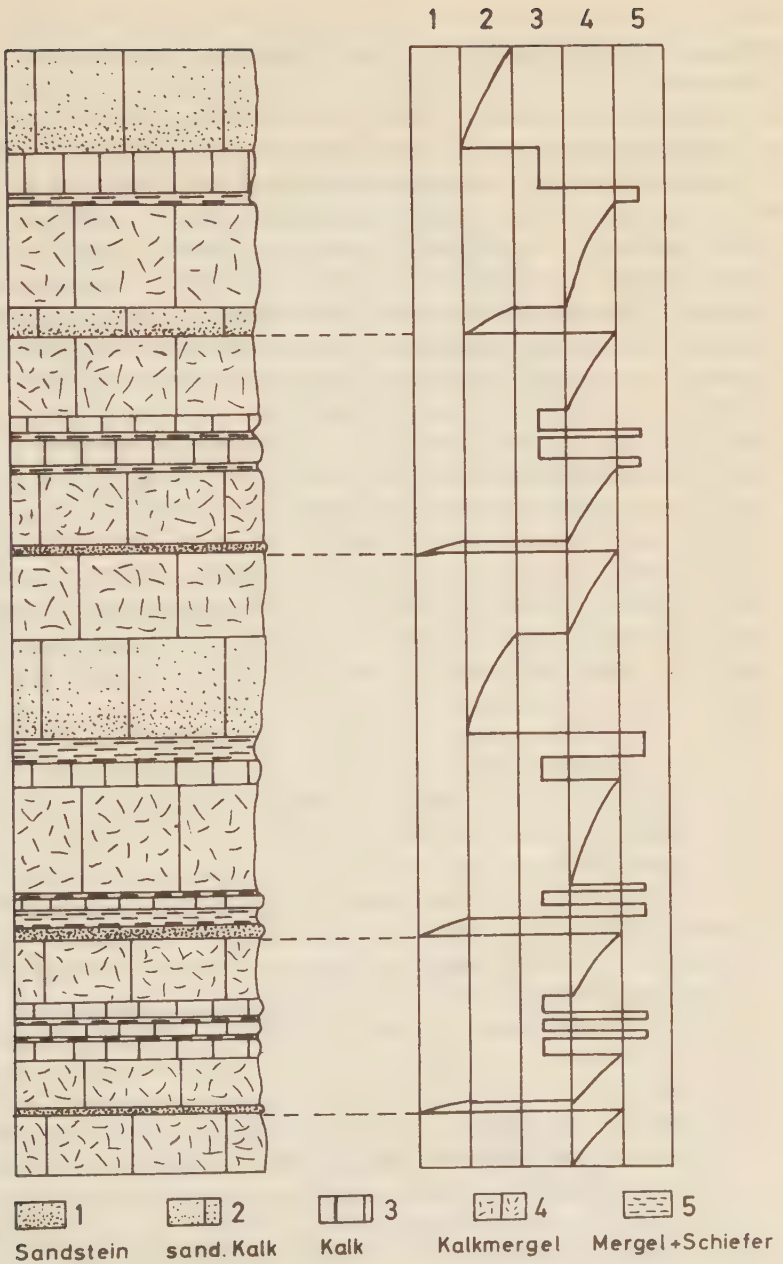


Abb. 7 Lithologische Kurve zur Verdeutlichung der rhythmischen Sedimentation des Carpegna-Alberese

zwischen Pennabilli und Carpegna wider. Über mehrere hundert Meter sind hier charakteristische Aufschlüsse des Alberese zu beobachten.

Die Anrisse erscheinen im verwitterten Zustand überwiegend weißgrau. Es dominieren feingeschichtete Mergelkalkbänke und Kalkmergelschichten, untergeordnet erscheinen Kalkbänke und Sandsteinschichten. Diese sind oftmals gradiert. Es fällt auf, daß in zahlreiche arenitischen Lagen die liegenden Partien zwar das gröbste Material enthalten, eine deutliche Sortierung der Korngröße aber erst weiter nach oben einsetzt. Der Durchmesser der einzelnen Körner übersteigt nicht 1,5 mm. Die Schichtunterflächen sind manchmal mit Strukturen wie flute casts oder groove casts versehen. W von Castello ist über eine Länge von etwa 10 m und eine Höhe von 2-3 m die Schichtfläche einer Sandkalkbank aufgeschlossen, auf der unregelmäßig verteilt flache runde Mulden anzutreffen sind, deren Durchmesser zwischen 10 und 20 cm liegt. Die Bank ist von zwei senkrecht aufeinanderstehenden Kluftrichtungen zerbrochen, so daß man an einigen Stellen eine Seitenansicht des Schichtpaketes erhält. Hier wird ersichtlich, daß es sich bei den Eindellungen um convolute lamination handelt. Freigelegt ist die Schichtoberfläche.

Im Bachbett des Fso. Canaiolo befindet sich ein isolierter Block von ungefähr 18 m^3 , der aus Kalken und Mergelkalkschichten besteht. Seine ebene Oberseite bildet eine arenitische Mergelbank, aus der sich ein laminiertes Gebilde mit etwa 30 cm $\varnothing$ heraushebt. Die Anordnung der Laminen zeigt, daß es sich um eine invers liegende Schichtunterfläche handelt. Die Entstehung dieses Gebildes kann man mit geringfügigen Rutschungen auf einem unebenen Meeresboden erklären, durch die Eindellungen laminar ausgefüllt werden.

Neben der insgesamt etwa 55 qkm umfassenden Albereseplatte, existieren kleinere Vorkommen links der Marecchia um Sartiano und M. Moscellino, um das Gehöft La Villa, beiderseits der strada statale 208 zwischen K 41 und K 43, sowie südlich des M. della Perticara. Sie alle werden nur von Argille caotiche umgeben. Es existiert keine einzige Lokalität, wo ein Kontakt etwa zwischen den autochthonen Serien und Alberese anzutreffen ist. Desgleichen gibt es keine Stelle, wo Sedimente der Tita-

no-Fumaiolo Gruppe mit dem Eozän-Flysch in Verbindung stehen. Nach P. PRINCIPI (1925) legt sich die Miozänklippe von Pennabilli auf die Eozänkalke. Er schreibt, daß diese nur im Westen Kontakt mit den Argille scagliose haben. Desgleichen erwähnt er einige kleinere Miozänblöcke in der Region zwischen Cantoniera und Carpegna, die entweder auf den Argille caotiche oder dem Alberese (!) liegen. PRINCIPI deutet einige davon als Reste eines aufgelösten Vorkommens, andere dagegen als Bergsturzblöcke. Bei allen vom Verf. in dieser Zone aufgefundenen miozänen Sedimenten handelt es sich klar um Bergsturzreste von den pultförmigen Miozänklippen des Simoncello und des Sasso di Simone. Auch G. MERLA (1952) und G. RUGGIERI (1956) glauben, daß es Stellen gibt, an denen miozäne Sedimente im Kontakt zum Alberese stehen (z.B. Pte. dell'Agenzia bei S. Leo). Diese Annahme ist falsch. Möglich wäre lediglich ein sekundärer Kontakt, der durch Aufschieben von Titano-Fumaiolo Sedimenten im Zusammenhang mit den Argille caotiche entstanden wäre. Aber auch diese Beobachtung konnte im gesamten Alberesebereich nicht gemacht werden. Es existieren lediglich einige Vorkommen, an deren Rändern man auf die Albereseschichten aufgeschobene Argille caotiche findet. Es handelt sich dabei aber entweder um Hangrutschungen oder um seitliches Aufpressen der Tone infolge des Gewichtes der auflagernden kompetenten Gesteinsplatte. Wäre der Alberese zu irgendeiner Zeit, z.B. vom Oligozän bis zum Torton von anderer Sedimentation bedeckt gewesen, so sollte man bei einem so großen noch zusammenhängenden Vorkommen erwarten können, Relikte irgendwelcher Art davon zu finden. Das ist nicht der Fall. Desgleichen wurden in höheren Bereichen der Carpegna-Platte auch keine Argillspuren mehr gefunden. Diese Beobachtungen lassen die Annahme berechtigt erscheinen, daß der Alberese mindestens während der Zeit, in der die küstennahe Sedimentation der Titano-Fumaiolo Gruppe erfolgte, Hochfläche gewesen ist.

Ähnliche Gedanken verfolgt K.J. REUTTER (1966) bei der Beschreibung der emilianischen Cantiere-Monghidoro-Einheit. Im Zusammenhang mit der Gleitdecke des M. Cantiere Alberese schreibt er, daß es unbekannt sei, ob die Gleitprozesse nur submarin vor sich gingen oder ob einige Teile der gleitenden Masse aus dem Wasser ragten. Diese letzte Vorstellung ist auf-

grund der mehr als 1000 m betragenden Dicke der Gleitscholle des M. Cantiere-Alberese nicht unberechtigt.

Bei Betrachtung der geologischen Karte fällt auf, daß ein großer Teil der Klippen aus S. Marino-Kalk und M. Fumaiolo-Sandstein um die von der Erosion ausgebuchtete Albereseplatte gelagert sind (z.B. M. Copiolo, M.S. Marco, M. Titano, S. Leo, Montemaggio, M. Pincio, Pennabilli, Poggio di Miratoio, Simoncello, Sasso di Simone). War der Bereich des Carpegna-Alberese im Miozän Hoch- und damit Abtragungsfläche, so kann man sich vorstellen, daß auf einem unebenen Uferbereich um diese Platte die Ablage des organogenen Kalkes auf die Argille caotiche in den von der Erosion begünstigten Buchten begann. In diesem Fall könnten darin dann Komponenten des Alberese und eventuell der chaotischen Tonmergelserie anzutreffen sein. Tatsächlich befinden sich an einigen Kalkklippen brekziöse Einschaltungen von Alberesekalken (siehe Kap. D.3.7.1. und D.3.8.).

In den meisten Fällen lagert der Alberese mit tektonischem Kontakt auf chaotisierten Tonen der Argille caotiche. Nur an wenigen Stellen beobachtet man einen Übergang aus geschichteten roten Tonen oder Tonmergeln in Kalkmergelfolgen des Alberese. Im Bachbett des Rio Gavo existiert getrennt von der Hauptmasse der Albereseplatte ein Aufschluß mit regelmäßigem Schichtverband. Er ist, soweit aufgeschlossen, an allen Seiten von Argille caotiche umgeben. Zu erkennen ist eine alternierende Lagerung roter und grauer Mergel mit hellgrauen und rosa Kalken oder Kalkmergeln. Im hangenden Teil ist eine 15 cm mächtige graubraune Sandsteinbank mit Unterflächenstrukturen eingeschaltet.

Aus dem Rio Gavo beschrieb auch P. PRINCIPI (1925) einen Aufschluß, in dem Argille scagliose zwischen die Eozänkalke eingeschaltet sind. Vermutlich meinte er denselben Anriß. Seiner Ansicht nach handelt es sich um Ton-Injektionen in die Kalke, die aufgelockert und verdreht sein sollen.

Ähnliche Vorkommen befinden sich im Marecchiatal etwa 200 m südlich der Pte. Molino Baffoni sowie nahe der Straßenabzweigung bei Mad.^{na} di Pugliano. Der Aufschluß im Marecchiatal enthält gefaltete weißlichgraue, vereinzelt auch rötli-

che oder grünliche Kalke oder Sandkalke, in die überwiegend graue Mergelbänder mit 10-20 cm Mächtigkeit eingeschaltet sind. Im oberen Teil des Aufschlusses treten auch stark zerscherzte rote Tone geringer Stärke auf. Darüber liegt ein ungeschichteter Verband aus roten und grauen Tonmergeln, in denen zahlreiche Alberesebrocken unregelmäßig verstreut sind. Bei Pugliano ist eine Wechsellagerung von kalkigen bis kalkarenitischen Alberesebänken und grauen oder roten schmierigen Tonlagen bis zu 1 m zu sehen. Bei Caprara N des Monteboaggine (außerhalb des Aufnahmegebietes) sind in den grauen Alberesemergeln Bänder bis zu maximal 10 m aus rosa Kalkmergeln anzutreffen. Alle diese Aufschlüsse stellen Übergangsbereiche zu der Serie der Argille caotiche dar. Der Alberese ist das stratigraphische Hangende dieser Serie. Der stratigraphische Kontakt ist aber infolge des Transportes der allochthonen Massen und der damit verbundenen Chaotisierung des Olisthostroms nur noch an wenigen Stellen erhalten geblieben.

Daß über den rosa gefärbten Kalkmergeln der Alberesebasis ebenfalls zerscherte Horizonte vorkommen, beweist, daß auch der Alberese beim Transport Eigenbewegungen ausgeführt haben muß. Als Schmiermasse können mächtige Mergelhorizonte innerhalb der Serie gedient haben.

Die Übergangszone von den Argille caotiche zum Alberese ist fossilarm. Obwohl relativ helle Färbung der meisten Gesteine und der geringe Pyritgehalt - es kommen nur vereinzelt kleine Körner vor - auf eine gute Durchlüftung des Meeres während der Ablagerungszeit schließen lassen, ist die Mikrofauna nur spärlich. Makroformen wurden überhaupt nicht gefunden. Die meisten Proben waren leer. Nur einige erbrachten wenige Formen:

Gümbelina globulosa	(EHRENBERG)
Globigerinoides messinae	(BRÖNNIMANN)
Praeglobotruncana planispira	(TAPPAN)
Globorotalia pseudobulloides	(PLUMMER)
Globigerina eocaena	GÜMBEL
" sp. Gl. crassata Typ	

Diese Faunengemeinschaft umfaßt ein Alter etwa von Cenoman bis einschließlich Paläozän. Jüngere Foraminiferen treten nicht auf. Da die Kreidefossilien als umgelagert gelten können, ergibt sich eine Einstufung die ungefähr der Paläozän-Eozänwende entspricht. Damit bestätigt sich die Annahme, daß

die im Kap. D. 3.2. erwähnten Oligozän Faunen nicht autochthon sind, sondern von den Argille caotiche assimiliert wurden.

Die höheren Partien des Alberese enthalten vielfach eine individuenreiche aber dennoch recht artenarme Fauna. Fündig erweisen sich im allgemeinen nur Kalkmergelschichten oder Mergelkalke. Arenitische Lagen enthalten nur wenige Bruchstücke. Durch Auswertung zahlreicher Schlammproben und Dünnschliffe kann unter- bis mitteleozänes Alter für den Alberese als sicher angenommen werden. Im einzelnen wurden bestimmt:

<i>Ammobaculites</i> sp.	
<i>Ammodiscus</i> sp.	
<i>Glomospira</i> sp.	
<i>Siderolites</i> sp.	
<i>Globotruncana lapparenti</i> cf. <i>lapparenti</i>	BROTZEN
" <i>stuarti</i>	DE LAPPARENT
<i>Globorotalia aragonensis</i>	NUTTALL
<i>Globigerina</i> sp.	
" <i>triloculinoides</i>	PLUMMER
<i>Discocyclus</i> sp.	
<i>Anomalinoides</i> sp.	

Neben den Mikrofossilien treten auf den Schichtflächen der Sandkalke häufig fossile Lebensspuren auf. Sie bestehen aus Grabbauten von Helminthoiden, aus Fukoiden und Chondriten.

Nach der Bestimmung von P. PRINCIPI (1925) handelt es sich um

<i>Chondrites aequalis</i>	(BROGN.)
" <i>affinis</i>	(STERNB.)
" <i>zargionii</i>	(STERNB.)
" <i>intricatus</i>	(BROGN.)
<i>Zoophycos scarabelli</i>	MASS.
" <i>flabelliformis</i>	FISCH.

Er leitet daraus ebenfalls mitteleozänes Alter ab. G. RUGGIERI (1958) weist ebenfalls auf das eozäne Alter hin, erwähnt aber aus dem Alberese von Mercatino Conca eingeschaltete graue Mergel, die Siphonodosarien und ? *Chrysalogonium* enthalten sollen. Allerdings ist der Erhaltungsgrad schlecht, so daß das Alter damit nicht genau bestimmbar ist. Nach diesem Autor ergibt sich aber durchaus der Eindruck, daß es sich um Oligozän handelt. Er folgert daraus, daß es nicht ausgeschlossen ist, daß der Alberese bis ins Oligozän hinein sedimentiert wurde. Beobachtungen, die diesen Eindruck bestätigen könnten, wurden im vorliegenden Arbeitsgebiet nicht gemacht. Auch die Datie-

rung anderer Alberesevorkommen im Nordapennin liefert keine Anhaltspunkte dafür.

3.4.1. Alberese-Blockfelder auf Argille caotiche

Aus dem Gesamtbild der Albereseaufschlüsse müssen einige Gebiete gesondert ausgeschieden werden. Um zwei größere Areale handelt es sich zwischen Ca Borgnese und La Serra sowie zwischen dem Gehöft Le Coste und Ca Porcile SE des M.S. Silvestro. Eine Begehung dieser Gebiete zeigt, daß die Oberfläche der Argille caotiche dicht mit Alberesebrocken belegt ist. Zum Teil handelt es sich um mehrere Meter hohe Blöcke, in denen die ursprüngliche Schichtung des Alberese noch zu erkennen ist. Dazwischen befinden sich Bruchstücke aller Größen bis zu wenige cm messenden Splittern. Die Farbe der Kalkmergel oder Kalke ist überwiegend weißlichgrau, doch existieren Stellen auch mit rosa Kalkmergeln. Diese sind sehr stark zersplittert.

Die beiden Vorkommen bedecken zusammen eine Fläche von einem knappen qkm. Sie können nicht mit den ausgedehnten Hangschuttgebieten zwischen dem M. Moscellino und Maciano parallelisiert werden. Vielmehr handelt es sich hier um kleine Albereseschollen auf den Argille caotiche, die sich in Auflösung befinden. Die rosa Kalkmergel lassen vermuten, daß es sich um Alberese-Basishorizonte handelt.

3.5. M. Ercole-Sandstein

Die den Höhenzug des M. Ercole (937 m) und des M.S. Silvestro (822 m) aufbauenden Gesteine bilden wie der Carpegna-Alberese eine Gleitdecke auf den Argille caotiche. Da sie mit keiner anderen Serie im Arbeitsgebiet zu parallelisieren sind, werden sie getrennt behandelt und als M. Ercole-Sandstein ausgeschieden.

Gute Aufschlußverhältnisse des M. Ercole-Sandsteins bestehen entlang der Straße zwischen Perticara und S. Agata Feltria. Dort beobachtet man eine Wechsellagerung grauer oder grüngrauer Sandsteine mit einigen stark arenitischen grau gefärbten Mergelschichten. Kalkmergel, wie sie z.B. am K 43 dieser Straße in einer 1,5 m dicken Lage aufgeschlossen sind, treten

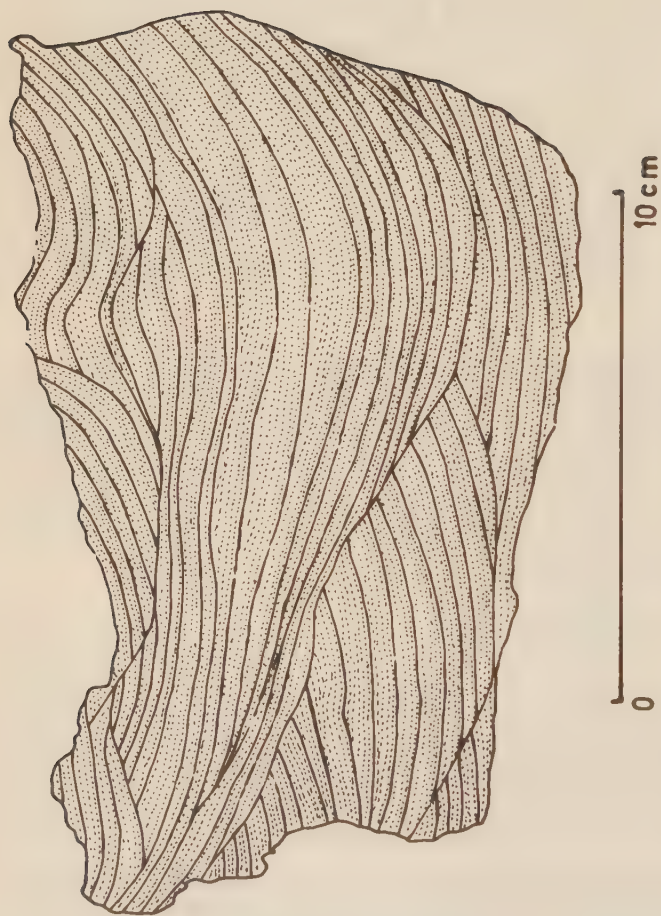


Abb. 8: Teilstück einer Sandsteinbank des M. Ercole-Sandsteins
mit Kreuzschichtung

selten auf. Die Mächtigkeit der Sandsteinbänke schwankt zwischen 0,3 m und 4 m, beträgt aber meistens 1-2 m. Sie sind fast immer gradiert. Einige Schichten bis 50 cm Mächtigkeit zeigen sehr deutliche Kreuzschichtung (Abb. 8). Die Korngröße der meisten Schichten erreicht Werte bis zu 1 mm. Einzelne Bänke enthalten jedoch auch Komponenten bis zu 5 mm ϕ . Des öfteren sind Gerölle bis zu 5 cm schnurartig eingeregelt. In einer 2 m dicken Bank am M.S. Silvestro wurde eine über die gesamte Breite verstreute unregelmäßige Verteilung der Gerölle beobachtet.

Die Dünnschliffe der Sandsteinbänke zeigen das Bild einer typischen Grauwacke:

Hervorragend große eckige Quarze, die z.T. undulös auslöschend und Feldspäte. Kalifeldspäte sind immer häufiger als Plagioklasse. Viele Feldspatkristalle sind serizitisiert, Glimmer treten in farblosen, grünen und braunen Schuppen auf. Sie sind manchmal schlierenförmig eingeregelt und dann meistens serizitisiert oder chloritisiert. Der Chloritanteil ist gering. Sehr selten sind kleine Apatite und Titanite. Alle Schliffe sind fossilfrei.

Zum Hangenden nimmt die Sandführung ab. Reine Mergel und Sandmergel erscheinen öfter. Dennoch bleibt der Eindruck einer vorwiegend sandigen Sedimentation bestehen. Die Sandsteinbänke erreichen hier nur noch geringere Mächtigkeiten, der Mittelwert schwankt um 50 cm. Die Farbe wechselt bisweilen zu braunen bis graubraunen Tönungen. Vereinzelt treten linsenförmig eingeregelt helle Kalkbrocken auf. Sie ähneln Alberesealken, jedoch fand sich für diese Annahme kein Beweis, da alle daraus gefertigten Schliffe fossilfrei waren.

Die Schlammproben aus mergeligen Schichten ergaben eine nicht sehr umfangreiche aber zur Bestimmung ausreichende überwiegend planktonische Mikrofauna.

Probe 6738	graue Mergel NW Rand des M. Ercole auf Höhe 795	
Globigerina	officinalis	SUBBOTTINA
"	ouachitaensis	HOWE + WALLACE
"	yeguaensis	WEINZIERL + APPLIN
"	sp.	
Cibicides	sp.	

Probe 6741 sandmergelige Lage, NW des Gipfels des M.S. Silvestro auf Höhe 825

Cyclammina	sp.	
Gyroidina	girardana ?	(REUSS)
Globigerina	ampliapertura	BOLLI

Globigerina praebulloides	BLOW
" tripartita tripartita	KOCH
" yeguaensis	WEINZIERL + APPLIN
Orbulina suturalis	BRONNIMANN
Globorotalia sp.	
Anomalina cf. alazanensis	NUTT.

Aufgrund dieser Foraminiferen kann Aquitan als sicher gelten. Das Auftreten von *Orbulina suturalis* BRONNIMANN spricht dabei eher für mittleres oder oberes Aquitan als für unteres. Nach der Einstufung von Z. REISS und G. GVIRTZMAN (1964) tritt diese Form frühestens im mittleren Aquitan auf. Folgt man anderen Autoren, dann erscheint sie sogar erst im oberen Burdigal (z.B. BOLLI 1957, JENKINS 1960, CRESCENTI 1966). Im Zusammenhang mit der Begleitfauna ist diese Einstufung jedoch unwahrscheinlich.

Von der Hauptmasse des M. Ercole-Sandsteins sind zahlreiche kleinere Vorkommen abgespalten, die sich ausschließlich W oder S des M.S. Silvestro befinden. Das größte dieser Art hat eine Längserstreckung von 1,5 km bei einer maximalen Breite von 250 m. An einer Störungslinie am W Abhang des M.S. Silvestro ist es abgebrochen und hat sich auf dem schmierigen Untergrund der Argille caotiche bereits mehrere hundert Meter von der Hauptmasse talwärts entfernt. Es hebt sich klippenartig von den Tonen der Argille caotiche ab, so daß die Aufschlußverhältnisse z.T. recht gut sind. Die Straße von S. Agata Feltria nach Pereto durchschneidet das Vorkommen an zwei Stellen. Bei Ca di Vico und auf Höhe 699 sind mehrere Meter mächtige braune Sandsteine aufgeschlossen. Die einzelnen Bänke sind schlecht voneinander zu trennen, da nur geringmächtige Mergellagen dazwischengeschaltet sind. Durch die geringe Härte des Gesteins entsteht bei der Verwitterung häufig eine gekahlte Oberfläche wie sie z.B. nahe der Straßenabzweigung nach Pereto zu erkennen ist.

Einzelne Sandsteinbänke enthalten eingeregelter Geröllbänder, deren einzelne Komponenten bis zu 5 cm Ø haben. Verschiedentlich sind auch Tonschmitzen eingelagert. An einigen Stellen enthalten die Schichtunterflächen kleine Strömungsmarken. Zum Hangenden nimmt die Stärke der Sandmergellagen zu; die Sandsteinbänke sind gradiert. Die ausgeschlammten Foraminiferen sind selten und schlecht erhalten. Das aquitane Alter kann

aber bestätigt werden.

Probe 6376 3 cm dickes Band grauer Mergel zwischen kompakten weichen Sandsteinen an der Abzweigung nach Pereto

Dentalina sp.

Gyroidina sp.

Globigerina ouachitaensis ?

BOLLI

Orbulina suturalis ?

BRONNIMANN

Cibicides sp.

Probe 6388 Mergelschliere im Sandstein bei Ca Montalcino

Globigerina tripartita tripartita

KOCH

" venezuelana

HEDBERG

Globigerinoides trilobus altiaperturus BOLLI

Das aquitane Alter des M. Ercole-Sandsteins wurde von früheren Bearbeitern nicht erkannt. P. PRINCIPI (1933-37) parallelisierte ihn mit dem M. Fumaiolo-Sandstein und der Serie von Mercato Saraceno, die er gesamt als "Arenarie con ciottoli, conglomerati, marne scistose sabbiose o argillose con Potamides lignitarum" ins Torton stellte. R. SIGNORINI (1940) verglich ihn mit ähnlichen Vorkommen in der "striscia anomala". Er schreibt: "Il Monte Ercole, ad Est di S. Agata Feltria, è costituito da una formazione arenacea diversa da quella solita mesomiocenica e analoga invece a quella del Monte Comero e di Montegraneli. E una placca poggiata sopra alle argille scagliose al pari dei vicini piccoli massi di calcari a briozoi mesomiocenici". Er trennt ihn damit bereits von der Formation marnoso arenacea und dem M. Fumaiolo-Sandstein. Die Formation des M. Comero besteht nach ihm (1946) aus einer typischen Molasse, aufgebaut aus gradierten Sandsteinbänken, ist aber auch reich an mergeligem Material und an Zonen mit feingeschichteten grau-grünlichen Kalkmergeln. Das Alter dieser Abfolge gibt SIGNORINI mit Oligozän bis unteres Miozän an. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangt G. RUGGIERI (1958). Er führt aus, daß der oligozäne Macigno selten sei. Außer dem M. Comero und Poggio Carnaio existieren nur noch kleinere Vorkommen in der Umgebung von Perticara und zwischen S. Agata Feltria und S. Donato (M. Ercole). Oligozänes Alter für den M. Ercole-Sandstein folgert er falsch aus der Bestimmung einer reichen Mikrofauna, die grünlichen Sandmergeln - eingeschaltet a.d.B. des "Macigno" bei Casa Marcolisi, 1,5 km N von S. Piero in Bagno - entstammen. Vom gesamten Komplex des M. Ercole und M.S. Silvestro erwähnt er keine einzige Probe.

Nach W. FREY (1968) besteht das Vorkommen des M. Comero, für

das er den Begriff M. Comero Sandstein einführt, aus einer mehr als 200 m mächtigen Folge aus vorwiegend Flyschsandsteinen, die mit grauen, sandigen stark glimmerführenden Mergeln alternieren. Die einzelnen meist gradierten Sandsteinbänke haben Stärken von 0,5 m bis über 2 m. Die Korngröße beträgt durchschnittlich 3-5 mm. Zum Hangenden nimmt der kalkige bzw. mergelige Anteil zu. Das Alter gibt er mit Unteroligozän an. Daraus resultiert, daß M. Comero und M. Ercole nicht zu parallelisieren sind. Es besteht lediglich die Möglichkeit, daß es sich beim M. Ercole-Sandstein um stratigraphisch hangende Partien des M. Comero Sandsteins handelt, die bei der Überschiebung der Argille caotiche weiter nach E transportiert wurden.

3.6. T. Mazzocco-Serie

Im Unterlauf des T. Mazzocco wurde eine Abfolge kalkig-mergeliger Gesteine allochthon auf den Argille caotiche gefunden, die mit keinem anderen allochthonen Element des Arbeitsgebietes vergleichbar ist. Diese Serie wird deshalb als selbständige Gruppe geführt und mit dem Namen T. Mazzocco-Serie belegt.

Es handelt sich um ein Vorkommen am rechten Ufer des Baches zwischen Campo Nicco und Cse. Paggeto mit einer Gesamtlänge von ungefähr 1 km und einer maximalen Breite von 750 m. Die Schichten fallen flach mit 10° bis 20° nach E ein, bei einem Streichen zwischen 135° und 195° . Sie reichen bis unmittelbar an den Bachspiegel heran und sind dort gut aufgeschlossen. Zu erkennen ist eine alternierende Lage mittelgrauer Mergel und Sandmergel mit braunen oder grauen Sandsteinbänken, deren Mächtigkeit 30-40 cm erreicht. In die Mergelschichten sind selten Kalkbänke eingeschaltet. Die Gesamtaufschlußhöhe des Vorkommens beträgt ungefähr 60 m. Die Ausbildung der T. Mazzocco Serie ähnelt stark dem Aussehen der unteren Partien des Marecchia-Serie. Es handelt sich aber nicht um abgesicherte Teile dieser Serie, die bei der Vorwärtsbewegung des Marecchia-Olisthostroms mitgerissen wurden, da beide ein unterschiedliches Alter aufweisen. Die T. Mazzocco-Serie gehört aufgrund der wenigen bestimmbaren Fossilien dem Aquitan an :

Rhizammina sp.	
Batysiphon sp.	
Ammodiscus incertus	(D'ORB.)
Haplophragmoides sp.	
Globorotalia opima opima	BOLLI
Globigerina angustiumbilocata	BOLLI
Orbulina suturalis	BRONNIMANN

Altersmäßig kann man sie damit in Verbindung mit dem M. Ercole-Sandstein bringen, der das stratigraphisch Liegende gewesen sein kann. Beide Serien müßten, eventuell zusammen mit dem M. Comero Sandstein, einem Gesteinskomplex angehört haben, dessen ursprünglicher Ablagerungsraum W bzw. SW des Sedimentationsbeckens der Marecchia-Serie gelegen hat (vergl. Kap. E. 3.2.3.).

3.7. Titano-Fumaiolo-Gruppe

3.7.1. Vorbemerkungen

Die Gesteine, die in der Titano-Fumaiolo-Gruppe zusammengefaßt wurden, bilden im Gelände in der Regel die markantesten Erscheinungsformen. Sie bilden meist klippenförmige Vorkommen, ragen aber mindestens erheblich über das normale Relief hinaus.

Die Art der Gesteine begünstigt einerseits die Vegetation (M. Fumaiolo-Sandstein) und zeigt sich andererseits relativ resistent gegen Erosionseinflüsse (Kalk von S. Marino). Sie erscheinen daher seit langer Zeit prädestiniert zur Errichtung menschlicher Besiedlungen. So findet man noch heute die meisten Ansiedlungen auf den klippenförmigen Erhebungen zusammengeballt (z.B. S. Marino, S. Leo, Montebello, Verucchio, Torriana, Talamello, Maioletto, Pennabilli, Petrella Guidi, Rocca Pratiffi u.v.a.), die einstmals die besten Verteidigungsmöglichkeiten boten. Festungen und Burgen geben davon ein bededtes Zeugnis.

Es liegt auf der Hand, daß an diesen Vorkommen die ersten geologischen Untersuchungen in diesem Bereich vorgenommen wurden. Es erscheint daher interessant, in chronologischer Folge einen Abriß der wichtigsten Daten zu geben, die zur Erkundung dieser Gesteine führten. x)

x) z.T. in Anlehnung an B. NELLI (1907)

- 1753 bearbeitet G. PASSERINI als Erster die "Formazione calcarea" des Monte Titano.
- 1780 versucht A. SOLDANI eine Bestimmung der Fossilien der Klippe von La Verna.
- 1814 bezeichnete G. BROCCHI die Formation als subapenninisch und sieht darin das Ausgangsmaterial praktisch aller "Muschelbänke der Romagna und der Toscana".
- 1851 G. SCARABELLI schließt aus dem Studium einiger Fossilien exakt, daß es sich bei der "arenaria di S. Marino" um miozäne Sedimente handeln muß. 1870 allerdings vereinigt er ihn mit dem Nummulitenkalk und stellt ihn ins Eozän. Er nennt dieses Gestein einen Kalkarenit, der bei Behandlung mit HCL einen Rückstand aus Serpentin- und Glaukonitkörnchen hinterläßt.
- 1873 A. MANZONI gelangt aufgrund von Fossilbestimmungen zu der Auffassung, die Folge des M. Titano gehöre z.T. ins untere Miozän, z.T. jedoch ins obere Eozän, da die darin aufgefundenen Nummuliten für Eozän sprechen. Es resultiert daraus, daß zu jener Zeit das Problem der Umlagerung von Fossilien noch unbekannt war. MANZONI macht sich dabei Gedanken um die ökologischen Verhältnisse, die zur Bildung eines Riffs führen. Desgleichen beobachtet er lithologische Unterschiede. Die Serie beginnt mit einem "conglomerato poritico" in den unteren Teilen, geht in einen mittleren Teil mit "calcare arenaceo detritico" über und endet in einem "calcare marnoso egualmente detritico".
- 1874/vergleicht TH. FUCHS die Schichten des M. Titano mit dem 75 Tertiär von Malta, Dego, Carcare, Belforte, mit der älteren Meeresmolasse Bayerns und der Schweiz und bestimmt unteres Miozän.
- 1876 Nach G. CAPELLINI sind der Kalk, die gelbliche Molasse und die sandigen Mergel ins Helvet einzustufen. Er erwähnt erstmals, daß die anderen Vorkommen des Marecchiata ähnliche Ausbildung besitzen.
- 1880 G. SCARABELLI berichtigt seine eigenen Aussagen und nennt nun ebenfalls miozänes Alter. Seit dieser Zeit stehen nur noch verschiedene Stufen des Miozän zur Diskussion.

- 1881 hält DE STEFANI Obermiozän für möglicher als unteres oder mittleres Miozän, gibt aber später (1893) selbst auch Helvet an.
- 1883 bestimmt V. SIMONELLI die Fossilien von La Verna. Er hält Torton für gesichert.
- 1900 beobachtet G. TRABUCCO, daß die Nummuliten, die der Kalkformation von S. Marino, Sasso Simone, La Verna usw. zugerechnet wurden, in Wirklichkeit Schnitte von Operculinen sind. Manzoni hielt sie irrtümlich für Nummuliten. Nach TRABUCCO sind die Operculinenkalke identisch mit den langhianen Kalken des Alto Monferrato.
- 1901 faßt G. CAPELLINI die Meinungen verschiedener Autoren zusammen und schreibt: "Per il piano cronologico, al quale si deve definitivamente riferire l'arenaria calcarea di quel monte, ci si debba contentare di dire: Miocene medio; aspettando ancora che meglio si definisca se Elveziano e Langhiano (in parte) si abbiamo a ritenere per facies diverse di uno stesso orizzonte cronologico e se lo stesso si possa ripetere per Langhiano (in parte) e Aquitaniano."
- 1907 gelangt B. NELLI aufgrund von Fossilbestimmungen zu der Auffassung, daß der M. Titano dem mittleren Miozän angehört. Er führt jedoch an, daß die bestimmten Spezies sowohl in jüngeren als auch in älteren Schichten vorkommen, wodurch die Meinung von DE STEFANI eine Bestätigung erlangen würde, der zuletzt behauptet hatte, die Serie beinhalte Langhiano, Helvet, Torton und Messiniano.
- 1924 vergleicht P. PRINCIPI einige Klippen miteinander. Er
1925 kommt zu dem Schluß, daß alle das gleiche Alter besitzen und nicht wie irrigerweise von TRABUCCO (1906) angenommen wurde, teils Helvetalter haben (S. Marino), teils dem Langhiano zugeordnet werden müssen (z.B. Sasso Simone, Simoncello, Pennabilli). PRINCIPI trennt zum ersten Mal den über dem Kalk liegenden Sandstein als gesonderte stratigraphische Einheit ab und stellt ihn ins Torton.
- 1945/Die Arbeiten R. SIGNORINIS u.a. bringen den Gedanken der
46 Allochthonie für die behandelten Gesteine. Infolgedessen

beschäftigt sich SIGNORINI mit der Herkunft dieser Serien. Er erwähnt die miozäne Zone in organogener neritischer Kalkfazies E der Formazione marnoso arenacea, die sich weit ab von der Küste befindet, wo kein terrigenes Material mehr hingelangt. Als Herkunft dieser Zone nimmt er ein Gebiet W der Formazione marnoso arenacea an, wo eine Küstenfazies bestehend aus organogenem Kalk und Molasse im Typ von La Verna auf die "Argille scagliose" von Montefeltro gerutscht ist und dann über die Masse der Formazione marnoso arenacea nach E gefahren ist. Damit in Zusammenhang bringt SIGNORINI, daß weiter im W in der Toscana metallifera Unter- bis Mittelmiozän fehlen oder kontinental sind. Es transgrediert nur das Obermiozän. Dort sieht er den Festlandsbereich, der als Sedimentspender diente.

- 1953 G. RUGGIERI schließt bei der Altersbestimmung an die alten
1956 Gedankengänge von DE STEFANI an, nach dem der Gesamtkom-
1958 plex der miozänen Klippen zwischen Langhiano und Messiniano lag. RUGGIERI beschreibt Einzelvorkommen und gliedert sie in verschiedenaltige Horizonte. Er hebt hervor, daß die Korrelation einzelner Klippen Schwierigkeiten bereitet. Das erscheint erklärlich, wenn man annimmt, daß die Klippen der Titano-Fumaiolo-Gruppe mehr oder weniger zusammenhängend gebildet wurden. Von dieser Voraussetzung ging u.a. auch R. BEHRMANN (1936) aus, als er eine Schwellenzone mit dem Quersattel von S. Marino sah. Von dieser Seite ist eine Parallelisierung der allochthonen mittelmiozänen Vorkommen nicht möglich. Aus ihrer Struktur geht hervor, daß bereits bei Beginn der Sedimentation auf die Argille caotiche eine Trennung in Einzelvorkommen bestand. Lithologische Unterschiede auf einem unebenen Relief muß man dann als Gegebenheit annehmen (vergl. Kap. E. 3.2.1.).

Die Sedimentation beginnt in Buchten der Albereseplatte oder zumindest in deren Nähe in einem Flachwasserbereich verschiedenen Niveaus. Es gelangt zunächst organogener Kalk zur Ablage, in dessen Basisschichten sich die Nähe des Alberese durch Brekzieneinschaltungen kennzeichnet. Brekzien weisen auf die Nähe von Festland oder Inseln hin, die als Sedimentspender betrachtet werden können. Sie sind besonders in den Klippen des M.S.

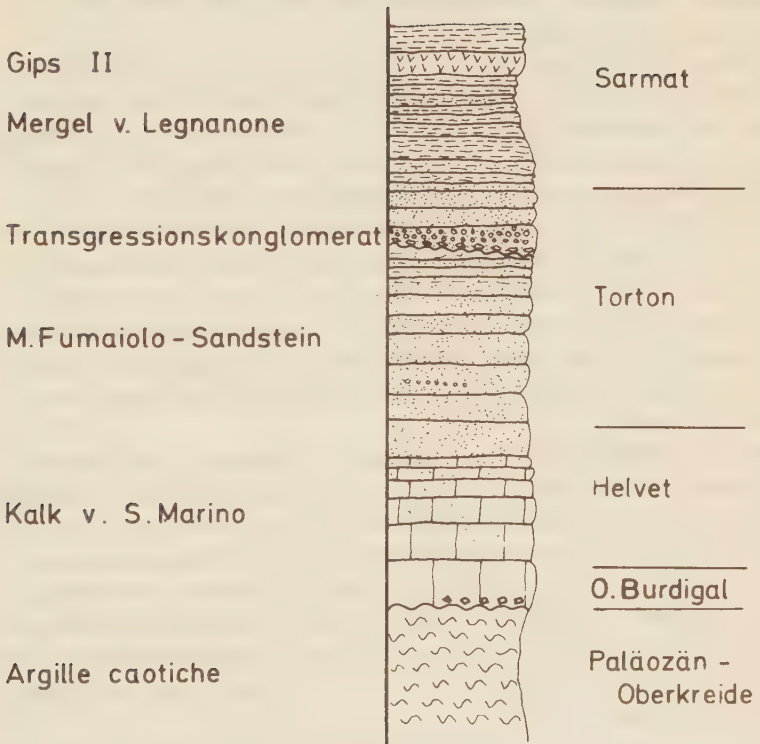


Abb. 9 Schematisches Säulenprofil der Titano-Fumaiolo Gruppe

Marco, im W von S. Marino, Montebello, am Sasso di Simone und Simoncello zu beobachten.

P. PRINCIPI (1925) weist bereits auf die körnigen, fossilführenden Kalke mit klastischen Komponenten des Eozänkalkes am Simoncello hin. Im Liegenden des M. Fumaiolo sollen nach R. SIGNORINI (1946) a.d.B. des Lithothamnienkalkes manchmal rote Kalkmergelfragmente, graugrüne Kalkmergel und eisenhaltige feine Sandsteine vorkommen.

G. RUGGIERI (1958) erwähnt als besonders typisch ausgebildet eine Transgressionsbrekzie aus Alberese, Macigno und Pietra forte vom Sasso di Simone. F. RICCI LUCCHI (1964) spricht allgemein von losen Kieseln verschiedener lithologischer Typen. Einige davon sind resistent wie gut zementierte Silte, Kalkarenite, Pietre verdi usw., andere, Mergel und Mergelkalke, haben nur Abdrücke hinterlassen. Diese stammen überwiegend aus dem Alberese. Daneben befinden sich Fragmente von Ophioliten, die offenbar aus den Argille caotiche stammen. Die Aufzeichnungen der genannten Autoren über die Komponenten der Brekzie decken sich mit den eigenen Beobachtungen und können bestätigt werden.

In höheren Partien wird der organogene Charakter des Kalkes durch das massenhafte Auftreten von Bryozoen bereits im Gelände deutlich sichtbar. Daneben sind Pectiniden, Korallen und Echinidenreste häufig. Die Anhäufung von Bryozoen veranlaßte die älteren Autoren, dem Gestein auch die Bezeichnung Bryozoenkalk zu geben. Meist handelt es sich um kompakte schlecht gebankte Kalke mit konkoidem Bruch. Die Farbe wechselt mit der Zusammensetzung der Fauna von gelblich zu weiß oder auch grünlichgelben Tönen.

Allmählich nimmt der Anteil arenitischen Materials nach oben zu. Der Kalk geht schließlich in einen Kalkarenit über, der an vielen Stellen durch Glaukonitführung gekennzeichnet ist. Bei weiterem Nachlassen des Karbonatanteiles läßt sich verschiedentlich schon Kreuzschichtung beobachten. Die Fortsetzung bildet ein grauer oder brauner Sandstein mit karbonatischer Matrix. Dieser Sandstein führt ebenfalls an manchen Stellen Glaukonit. Er ist relativ weich, so daß sich im Gegensatz zum dichten Kalk flachere Erosionshänge bilden. In der Kontaktzone zum Kalk ist der Sandstein grob gebankt. Zum Hangenden nimmt die

Mächtigkeit der Schichten ab. Kreuzschichtung ist ein häufig auftretendes Merkmal. Auf den Sandstein folgt bisweilen eine Zone mergeliger oder sandmergeliger Schichten mit einzelnen Kalkbänken. Mit diskordanter Lage erscheint ein Konglomerat, das sich im wesentlichen aus Bestandteilen des Alberese, den Argille caotiche und des organogenen Kalkes zusammensetzt. Oft beobachtet man, daß die konglomeratischen Lagen von einem molasseartigen Sandstein mit vielen eingelagerten Geröllschnüren abgelöst oder vertreten wird. Der Übergang vom Konglomerat in mittelgraue Mergel bzw. a.d.B. in Sandmergel geht rasch vor sich. Diese Mergel entsprechen den unteren Fanante Mergeln des Autochthons und leiten wie diese in Gipse über. Die Gipse sind im allochthonen Bereich meistens grobkristallin oder nur in einigen Vorkommen feinkörnig, während alle autochthonen Gipse durchweg feinkristallin sind. Die Ablagerung von Salzen muß auch auf den allochthonen Sedimenten als Restsedimentation des Beckeninneren angesehen werden. Mit direktem Kontakt gehen aus den Gipsen wieder Mergel oder mergelige Sande hervor, die die Ablage in den allochthonen Einzelbecken beenden.

Die beschriebene Folge umfaßt einen Zeitraum vom Oberburdigal/Helvet bis zum Unterpliozän. Sie steht damit zeitlich der autochthonen Serie von der Marecchia-Serie bis zum Sandstein von Tornano gegenüber. Sie entspricht jedoch einem idealen Sedimentationsablauf, da in den einzelnen Sedimentationsbecken aufgrund wechselnder Verhältnisse der Ablagerungsmodus an jeder beliebigen Stelle unterbrochen bzw. verändert werden kann (vergl. Kap. 3.7.2.-3.7.8.).

Das Auftreten der Sedimente der Titano-Fumaiolo-Gruppe in unterschiedlicher Kombination miteinander, darf nicht nur im Zusammenhang mit der Zerlegung des Untergrundes in Einzelablagerungsräume gesehen werden. Vielmehr muß auch die Vorwärtsbewegung der Marecchia-Gleitmasse auf der der Absatz erfolgte, berücksichtigt werden. So erscheint es durchaus logisch, wenn nicht alle Vorkommen mit der Ablagerung des organogenen Kalkes einsetzen, sondern auch mit rasch sedimentierten jüngeren molasseartigen Sandsteinen in einem weiter nach E verlagerten Gebiet. Erreicht das Olisthostrom etwa das Sedimentationsgebiet der autochthonen obermiozänen Gesteine (Fanante Mergel) und kommt dort zeitweilig zur Ruhe, so werden sich darauf Se-

dimente in ähnlicher Fazies als Normalsediment ablagern können und bei späterer Aktivierung des Bewegungsvorganges mitverfrachtet werden.

Für den heute in der italienischen Literatur gebräuchlichen Namen "calcare organogeno" oder "calcare a briozoi" wird, um Verwechslungen des organogenen Kalkes des Marecchiatales mit faziell ähnlichen Gesteinen anderer Gebiete einzuschränken, die Bezeichnung Kalk von S. Marino benutzt. Im M. Titano der Republik San Marino ist das eindrucksvollste Vorkommen aufgeschlossen. Es trägt zugleich auch die typischen Merkmale dieses Gesteins. Der hangende Sandstein ist nach dem größten zusammenhängenden Vorkommen im Bereich des M. Fumaiolo in Übereinstimmung mit W. FREY (1968) M. Fumaiolo-Sandstein genannt worden.

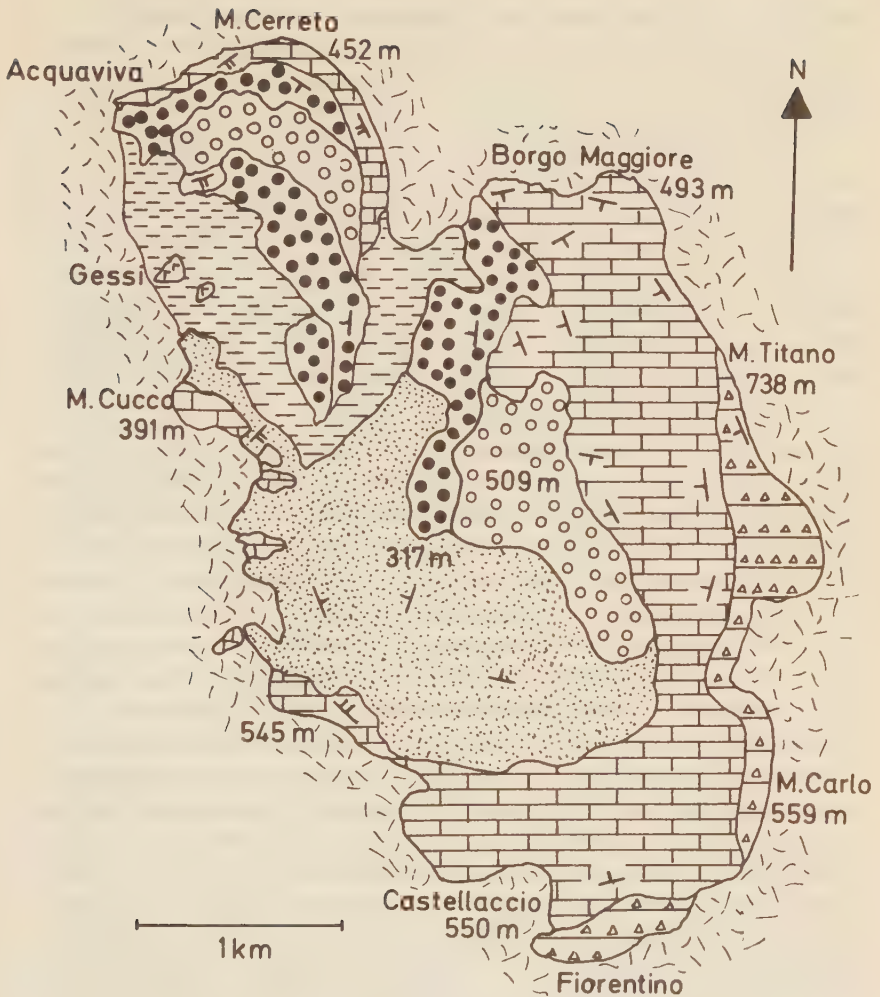
Die weitere Beschreibung der Gesteine richtet sich nach ihrem Auftreten in dem jeweils behandelten Vorkommen, die in folgender Reihenfolge erwähnt werden:

S. Marino
S. Leo
Secchiano/M. Ceti
Montebello
Torriana
Borgnano
Verucchio u.a.

3.7.2. San Marino

Der miozäne Komplex von S. Marino erhebt sich mit tektonischem Kontakt aus den liegenden Argille caotiche. Mit einer maximalen Längserstreckung vom M. Cerreto bis nach Fiorentino von 4,75 km und einer größten Breite zwischen M. Cucco und M. Titano von 2,5 km ist dies neben dem schüsselförmigen Vorkommen von Secchiano/M. Ceti im Marecchiatal das größte Gebiet zusammenhängender miozäner Gesteine, das auf dem allochthonen Marecchiaolisthostrom als geschlossene stratigraphische Einheit anzusehen ist.

Die miozäne Sedimentation beginnt mit dem Kalk von S. Marino, der - soweit ersichtlich - immer diskordant auf den Argille caotiche liegt.



- | | | | |
|--|------------------------|--|-------------------|
| | Kalk v. San Marino | | Gips II |
| | M. Fumaiolo Sdst. | | Hangschuttbrekzie |
| | Transgr. Kongl.+Vertr. | | Hangschutt |
| | Mergel v. Legnanone | | Argille caotiche |

Abb. 10: Geol. Übersichtskarte von San Marino

Die basisnahen Schichten zeichnen sich am westlichen Steilhang des M. Cerreto und in Aufschlüssen von Borgo Maggiore bis zum M. Titano durch sehr hellgelbe bis milchigweiße Farbe aus. Es handelt sich um schlecht gebankten harten und groben Kalk, der zum größten Teil aus organischen Bestandteilen besteht. In den einzelnen Klippen des Vorkommens bestehen geringfügige fazielle Unterschiede, der organogene Charakter des Gesteins herrscht jedoch überall vor. Der Bruch des Kalkes ist splitterig, die Verwitterungsfarbe hellgelb. Die einzelnen Bänke erreichen Mächtigkeiten von mehreren Metern. Die Bankung ist infolge der starken Zerklüftung des Gesteins oftmals schlecht oder gar nicht mehr zu erkennen. Im basisnahen Bereich befinden sich in unregelmäßiger Verteilung rote schlierenförmige Tonlinsen von Argille caotiche.

Dünnschliffe, die aus den unteren Schichten des Kalkes stammen, bestehen durchweg zum größten Teil aus organischen Resten. Darunter überwiegen immer Bryozoen, deren Anteil gewissen Schwankungen unterworfen ist. Am M. Titano, Castellaccio und bei Acquaviva besteht das Gestein zu 60-70 % aus Bryozoen. Untergeordnet erscheinen Echiniden, Korallen und Mollusken. Foraminiferen sind nicht selten, im Verhältnis zu den anderen Fossilresten jedoch unbedeutend. Es treten Textulariidae, Lagenidae, Camerinidae, Globigerinidae und Globorotaliidae auf. Ostrakoden wurden nirgends beobachtet. Die anorganischen Bestandteile bestehen aus einer feinkristallinen karbonatischen Matrix, deren Anteil im Verhältnis mit den organischen Resten schwankt. In den unteren Bänken erreicht die Grundmasse 5-15 % des Gesamtvolumens. Sie enthält unregelmäßig verteilt kleine meist eckige Quarzkörnchen, die z.T. undulös auslöschten. Feldspäte treten selten auf, wobei Plagioklase und Kalifeldspäte etwa gleich oft vorkommen. Vereinzelt beobachtet man Glaukonitkörnchen. Schliff 637 vom Ostabhang des M. Cerreto auf Höhe 343 m zeigte in den organogenen Gemengteilen zahlreiche rhomboedrische Dolomitidioblasten. Auch die Kammern der Fossilien sind in diesem Schliff überwiegend mit Dolomitkristallen ausgefüllt. In der Matrix befinden sich selten auch Chloritkörper und ganz vereinzelt Glimmerschüppchen.

Nach der Definition von H.J. BISSELL und G.V. CHILINGAR (1967) ist der Kalk von San Marino im Vorkommen von S. Marino ein

"pelletal bryalgar Limestone". Das Gestein des Schliffs 637 ist nach diesen AA. als Dolosparit anzusehen.

Mit fortschreitender stratigraphischer Höhe nimmt der prozentuale Anteil der anorganischen Grundmasse langsam aber stetig zu. Gleichzeitig verringert sich die Häufigkeit der Bryozoen, die aber dennoch das dominierende Gemengteil ausmachen. Die Bankdicke wird allmählich geringer. Es erfolgt langsam ein Übergang zu einem Kalkarenit (BISSELL + CHILINGAR), wie er z.B. im flach nach W einfallenden W Hang des M. Titano anzutreffen ist. Der Kalkarenit bildet den unteren Teil einer Übergangszone zwischen dem Kalk von S. Marino und dem M. Fu-maiolo-Sandstein. Dieser vermittelnde Übergangsbereich wurde erstmals von RICCI LUCCHI (1964) erkannt. RICCI LUCCHI nennt ihn "terreni di transizione" und ordnet ihn dem Helvet zu. Der Übergangsbereich ist zwischen Borgo Maggiore und der Stadt San Marino oberhalb der Straßenabzweigung bei Höhe 571 m sowie entlang der Straße, die in südlicher Richtung um den Westhang des M. Titano führt, gut aufgeschlossen. Die Aufschlüsse zeigen dort ein geschichtetes Gestein, dessen Lagen 30-40 cm stark sind. Sie sind vielfach gradiert. In einigen dieser Schichten ist Kreuzschichtung schwach zu erkennen. Im Dünnschliff zeichnet sich im Vergleich zu den Basisschichten des Kalkes deutlich das Ansteigen des klastischen Materials ab. Bryozoenreste bilden aber immer noch den größten Prozentsatz der karbonatischen Masse.

Im oberen Teil des Übergangsbereiches ist ein sprunghaftes Ansteigen der klastischen Komponenten bis zu 50 % des Gesamtvolumens zu bemerken. Gleichzeitig geht der Anteil der Bryozoen stark zurück. Korallen und Foraminiferen treten häufiger auf.

Die Mächtigkeit des organogenen Kalkes zusammen mit dem Übergangsbereich schwankt im Komplex von S. Marino zwischen 80 m im N am M. Cerreto und ungefähr 200 m im S am Castellaccio. Das bedeutet jedoch nicht, daß mit einer generellen Zunahme der Mächtigkeit von N nach S gerechnet werden muß. Eine exakte Mächtigkeitsangabe ist oft schwierig, da einerseits die Basis des Kalkes durch sekundäres Aufpressen von Material der Argille caotiche oder durch Hangschutt verdeckt ist, und andererseits das Sediment im Hangenden von Störungen begrenzt ist. Dies ist z.B. im Süden in der Erhebung des Castellaccio (550 m) der Fall.

Für das Alter des Kalkes von S. Marino kann oberes Burdigal bis Helvet, für den Übergangsbereich höheres Helvet als gesichert gelten, so daß auf eine Neubestimmung verzichtet werden kann.

Im S am M. Pennicciola und im SW bei Castellaro geht aus der Übergangszone ein dickbankiger glaukonitführender Sandstein hervor, der dem M. Fumaiolo-Sandstein entspricht. Der Glaukonitreichtum verleiht dem molasseartigen Sediment eine grünliche Farbe. Die Verwitterungsfarbe ist gelbbraun. In die bis 5 m mächtigen Sandsteinbänke sind Konglomeratschnüre eingelagert, deren Komponenten dem Carpegna-Alberese oder dem Kalk von S. Marino entstammen. Zwischen Castellaro und Casole beobachtet man vielfach Kreuzschichtung. Zum stratigraphisch Hangenden beginnen die Bänke geringmächtiger zu werden. Es schalten sich sandmergelige Lagen mit einer Fauna ein, die für Ablagerung im Flachwasserbereich spricht. Die Sandsteinbänke enthalten Bruchstücke von Rotaliiden, von denen die meisten als *Rotalia beccarii* (LINNE) erkannt wurden. Die siltigen oder sandmergeligen Schichten enthalten:

<i>Lagena</i> sp.	
<i>Lagenodosaria</i> sp.	
<i>Globulina</i> sp.	
<i>Nonion</i> sp.	
<i>Elphidium crispum</i>	(LINNE)
<i>Siphonodosaria</i> sp.	
<i>Ellipsoidina</i> sp.	
<i>Rotalia beccarii</i>	(LINNE)
<i>Globigerina bulloides</i>	D'ORB.
<i>Globoquadrina langhiana</i>	CITA + GELATI

Aus diesen Formen ist oberes Helvet bis Torton abzuleiten. die Probe 6337 wurde einer mergeligen nur wenig versandeten Schicht im Top des M. Fumaiolo-Sandsteins NW des M. Cucco entnommen. Sie bestätigt Torton. Es wurden bestimmt:

<i>Spiroplectammina carinata</i>	(D'ORB.)
" <i>wrighti</i>	(SILV.)
<i>Nodosaria lamellata</i>	CUSH. + STAINF.
<i>Elphidium crispum</i>	(LINNE)
<i>Rotalia beccarii</i>	(LINNE)
<i>Globigerina bulloides</i>	D'ORB.
" <i>praebulloides</i>	BLOW
<i>Globigerinoides sicanus</i>	DE STEFANI
<i>Globoquadrina altispira</i>	CUSH. + STAINF.

Die Mächtigkeit des Sandsteins schwankt zwischen 100 m und 250 m.

Während im größten Teil des Komplexes von S. Marino die Sedimentation mit dem M. Fumaiolo-Sandstein endet, setzt sie sich im N am M. Cerreto weiter fort. Das Obertorton folgt dort diskordant mit einem Transgressionskonglomerat auf eine erodierte Oberfläche des organogenen Kalkes. Am M. Cerreto fehlt der M. Fumaiolo-Sandstein. Das Transgressionskonglomerat ist entlang des Höhenweges unterhalb des Gipfels des M. Cerreto gut aufgeschlossen, wo es flach in südliche Richtung einfällt. Es setzt sich aus Geröllen zusammen, die vorwiegend aus Sandsteinen und Kalken des Carpegna-Alberese, Komponenten der Argille caotiche und Teilen des Kalkes von S. Marino entstammen.

In größeren Aufschlüssen, die mehrere Horizonte erkennen lassen, beobachtet man Bankmächtigkeiten zwischen 50 cm und 3 m. Die größten Gerölle befinden sich an der Basis der Bänke. Sie sind vielfach in einer Richtung abgeflacht und deutlich eingeregelt. Der Durchschnittswert ihres längsten Durchmessers liegt zwischen 25 und 60 cm. Nach oben nimmt die Geröllgröße ab (graded Bedding), die Einregelung verliert an Deutlichkeit. Die Matrix des Gesteins bildet ein karbonatischer Zement mit Konglomeratkomponenten bis zu 10 mm Ø.

Wie bei Caitasso und il Palazzo ersichtlich wird, kann das Transgressionskonglomerat lateral von Sandsteinen vertreten werden, die dem M. Fumaiolo-Sandstein sehr ähnlich sind. Die Gesamtmächtigkeit übersteigt sicher nicht 75 m.

Etwa 200 m NE von Pietraminuta beginnt eine Muldenzone, die sich v-förmig einerseits in NE-Richtung zwischen il Palazzo und S. Mustiola bis unterhalb des Friedhofs von S. Marino fortsetzt und andererseits nach NW bis nach Acquaviva reicht. Dieser Bereich bildet die stratigraphische Fortsetzung des Transgressionskonglomerates bzw. seiner lateralen Vertreter. Es handelt sich zum größten Teil um sandmergelige Schichten, in die nur relativ selten noch Sandsteinhorizonte eingeschaltet sind. Zum Hangenden nimmt der Mergelgehalt zu. Diese Abfolge ist den gleichaltrigen unteren Fanante Mergeln des Autochthon ähnlich und gehört ebenfalls teilweise dem Torton, teilweise dem Obermiozän an. Diese Serie wurde hier "Mergel von Legnanone" bezeichnet, da sie westlich der Ortschaft Legnanone im "Becken" von Secchiano/M. Ceti besonders gut aufgeschlossen ist. Sie ist jedoch noch reicher an Mikrofossilien

als die Fanante Mergel.

Die Zusammenstellung der Faunentabelle für die Mergel von Legnanone erfolgte aus einer Probenreihe, die zwischen dem liegenden Transgressionskonglomerat und dem hangenden allochthonen Gips bei Gessi (Gips II) genommen wurde. Im einzelnen wurden bestimmt:

Reophax papillosus	(NEUG.)
Spiroplectamina carinata	(D'ORB.)
" wrighti	(SILV.)
Textularia aciculata	D'ORB.
" pseudorugosa	(LACROIX)
Eggerella bradyi	(CUSH.)
Dorothia brevis	CUSH. + STAINF.
" gibbosa	(D'ORB.)
Martinotiella communis	(D'ORB.)
Quinqueloculina vulgaris	D'ORB.
Spiroluculina excavata	D'ORB.
Sigmoilina celata	(COSTA)
" tenuis	(CZJZEK)
Triloculina sp.	
" tricarinata	D'ORB.
Pyrgo oblonga	(D'ORB.)
Robulus calcar	(LINNE)
" costatus	(FICHT. + MOLL.)
" cultratus	MONTF.
" curviseptus	(SEG.)
" orbicularis	(D'ORB.)
" rotulatus	(LAMARCK)
Marginulina costata	(BATSCH)
" filicostata	FORN.
" glabra	D'ORB.
Dentalina leguminiformis	(BATSCH)
" sp.	
Nodosaria lamellata	CUSH. + STAINF.
" longiscata	D'ORB.
" oblonga	
" ovicula	D'ORB.
Vaginulina sulcata	COSTA
Lagena costata	(WILL.)
" gibbera	BUCHNER
" squamosa	(MONTAGU)
" striata	(D'ORB.)
Lagenodosaria cf. scalaris	(BATSCH)
Guttulina communis	D'ORB.
Glandulina laevigata	D'ORB.
Nonion boueanum	(D'ORB.)
" pompilioides	(FICHT. + MOLL.)
" soldanii	(D'ORB.)
Elphidium advenum	CUSH.
" crispum	(LINNE)
Plectifrondicularia semicostata	(KARRER)
" " tenuissima	(HANTK.)
Orthomorphina proxima	(SILV.)
" tenuicostata	(COSTA)
Bulimina affinis	d'ORB.
" elongata	D'ORB.

Bulimina inflata	SEG.
" marginata	D'ORB.
" ovula	D'ORB.
Virgulina schreibersiana	GZJZEK
Bolivina arta	MACFAD.
" punctata	D'ORB.
Uvigerina auberiana	D'ORB.
" flinti	CUSH.
" aff. peregrina	CUSH.
" rutila	CUSH.
Hopkinsina bononiensis	(FORN.)
Siphonodossaria adolphina	(D'ORB.)
" advena	(CUSH. + LAIM.)
" aspera	(SILV.)
" hispida	(D'ORB.)
" monilis	(SILV.)
" plicosutura	(DERV.)
" pyrula	(D'ORB.)
Pleurostomella alternans	(SCHW.)
Ellipsoidina cf. ellipsoides	SEG.
Discorbis globularis	(D'ORB.)
Valvulineria complanata	(CUSH.)
Gyroidina cf. soldanii	(D'ORB.)
Eponides umbonatus	(REUSS)
Rotalia beccarii	(LINNE)
Astigerina planorbis	(D'ORB.)
Cymbaloporeta squamosa	(D'ORB.)
Pullenia bulloides	(D'ORB.)
Globigerina apertura	CUSH.
" bulloides	D'ORB.
" decoraperta	TAKAYANAGI
" falconensis	BLOW
" foliata	BOLLI
" nepenthes	TODD.
" woodi	JENKINS
Globigerinoides bollii	(BLOW)
" gomitulus	(SEG.)
" ruber cyclostomus	(GALLOWAY + WISSLER)
" subquadratus	BRONNIMANN
" obliquus	BOLLI
" sacculifer	(BRADY)
" sicanus	DE STEFANI
" trilobus trilobus	(REUSS)
Hastigerina siphonifera	(D'ORB.)
Orbulina bilobata	(D'ORB.)
" suturalis	BRONNIMANN
" universa	D'ORB.
Sphaeroidinella grimsdalei	KEIJZER
" rutschi	CUSH! + RENZ
Sphaeroidinellopsis seminulina	(SCHWAGER)
Globorotalia menardii miocenica	PALMER
" obesa	BOLLI
" scitulagigantea	BLOW
Globoquadrina altispira	(CUSH. + JARVIS)
Anomalina ammonoides	
Planulina ariminensis	(D'ORB.)
" wüllerstorfi	(SCHW.)
Cibicides boueanus	(D'ORB.)
" floridanus	(CUSH.)
" pseudoungerianus	(CUSH.)

3.7.3. San Leo

Das Vorkommen von S. Leo ist durch Störungen zweigeteilt. Die östliche Seite, die durch die Festung gekrönt wird, besteht im unteren Teil aus dicken Bänken des Kalkes von S. Marino, der mit tektonischem Kontakt auf den Argille caotiche liegt. Dieser Kontakt ist auf der nördlichen Seite hinter der Zufahrtsbrücke gut zu erkennen. Über dem Gemenge grauer, roter, schwarzer und grünlicher Tone erhebt sich die Klippe fast senkrecht. An der Kontaktzone sieht man in einer Höhe von etwa 2-3 m tief eingekratzte Harnischspuren, die auf die Bewegung der Klippe auf den Argille caotiche hinweisen. Der Kalk ist an dieser Stelle gelblich-weiß und zerbricht mit splittigem Bruch. Der Bryozoenreichtum ist ähnlich hoch wie in S. Marino. Nach oben geht der Kalk in die kalkarenitische Übergangszone über, die unterhalb der Festung und im N Teil der Klippe aufgeschlossen ist. Der organische Bestandteil zeichnet sich dort durch wesentlich geringeren Bestand an Bryozoen aus. Dafür nimmt das klastische Material und der Prozentsatz an Korallen, Seeigelstacheln und auch Foraminiferen zu. Die Schichtung ist im oberen Teil deutlicher markiert. Die Gesamtmächtigkeit beträgt etwa 140 m.

Im westlichen Teil der Klippe ist die Übergangszone auf wenige Meter reduziert. Mit raschem Wechsel folgt darauf der M. Fumaiolo-Sandstein, der mit Bänken zwischen 75 cm und etwa 4 m ansteht. Viele Bänke haben hohen Glaukonitgehalt und erscheinen dadurch leicht grünlich. Die Proben aus dem Sandstein ergaben eine schlecht erhaltene tortone Mikrofauna:

Robulus sp.	
Nonion padanum	(PERCONIG)
" soldanii	(D'ORB.)
Bulimina affinis	D'ORB.
" inflata	(SEG.)
" sp.	
Bolivina scalprata	(SILV.)
Gyroidina sp.	
Globigerina apertura	CUSH.
Cibicides miocenicus	(COLOM.)
" sp.	

3.7.4. Secchiano / M. Ceti

Die eindruckvollste Form einer ehemals in sich geschlossenen Sedimentationsmulde bildet das Vorkommen bei Secchiano im

Marecchiatal. Der Kalk von S. Marino ist hier im Höhenzug des M. Ceti, M. Fotogno, M. Gregorio und M.S. Severino in Form eines nach SW geöffneten Hufeisens erhalten geblieben, denn der westliche und südliche Rand des Komplexes sind frei von größeren Kalkblöcken. Nach W endet die Kalkklippe im Steinbruch von La Casetta. 1 km SW davon befindet sich nur noch die kleine Klippe bei Cse. Castello.

Von allen Seiten fallen die schwer erkennbaren Kalkschichten in das Muldeninnere ein. Der äußere Abbruchrand, der zugleich den Außenrand des ehemaligen Riffes darstellt, ist steil und wird von den Argille caotiche begrenzt.

Der organogene Kalk unterscheidet sich etwas von dem aus dem Vorkommen von S. Marino. Er ist hier als gelblich bis weiß-graues Gestein aufgeschlossen. Die Verwitterungsfarbe ist weiß oder grau.

Unter den organischen Bestandteilen überwiegen in allen Schliffen Bryozoenreste. Im Gesamtvolumen ist ihr prozentualer Anteil am M.S. Severino erheblich größer als bei Cse. Castello und am M. Ceti und entspricht dort etwa der Häufigkeit der Vorkommen von S. Marino. Dagegen weisen die Aufschlüsse des nördlichen Beckenrandes einen deutlich erhöhten Anteil an planktonischen und benthonischen Foraminiferen auf. Auch die klastischen Bestandteile (überwiegend kleine eckige Quarze) sind häufiger. Die Grundmasse ist immer karbonatisch, in den Aufschlüssen nördlich der Marecchia ist sie feinkörniger als am M. Gregorio und M.S. Severino. Dort wurden in den Schliffen auch vereinzelt Dolomitidioblasten registriert. Glaukonitkörnchen treten überall untergeordnet auf.

Im Zug des M. Fotogno bis zum M.S. Severino geht aus dem organogenen Kalk über den wechselnd mächtigen kalkarenitischen Übergangsbereich der dickbankige molasseartige M. Fumaiolo-Sandstein hervor, dessen größte Mächtigkeit ungefähr 200 m beträgt. Die Aufschlüsse zeigen fast durchweg weichen glaukonitreichen Sandstein grauer oder gelbbrauner Färbung. Bei Varco Biforca folgen auf die Übergangszone zuerst etwa 6-8 m grobe rötliche, graue oder grüngraue Sandsteine. Darauf legen sich 7 m Konglomerate, die mit scharfem Kontakt vom M. Fumaiolo-Sandstein abgelöst werden. In einem anderen Aufschluß 100 m

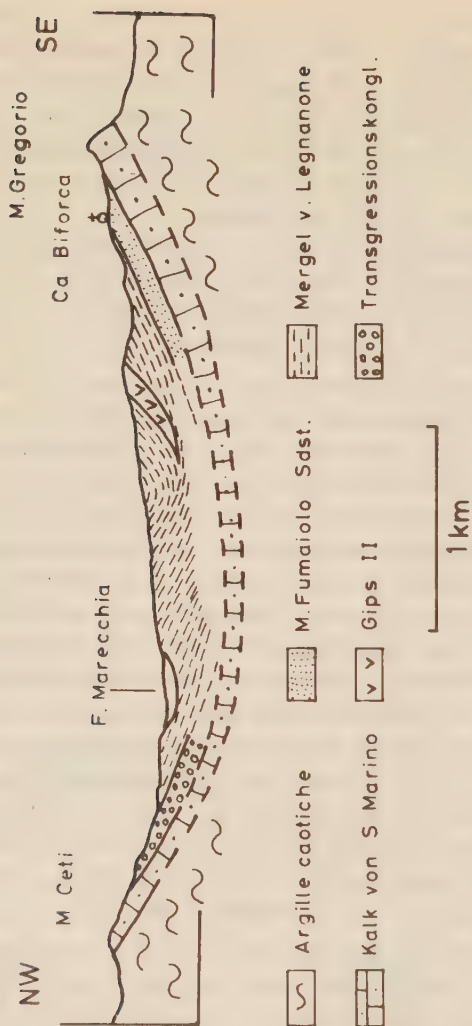


Abb. 11: Profil durch das miozäne Vorkommen von Secchiano/M. Ceti

SE von C. Biforca ist der Bereich dieses Konglomerates durch eine Verruschelungszone mit einer Kalkbrekzie ersetzt. Die mächtige Konglomerateinschaltung erweckt zunächst den Eindruck, es handele sich bereits um das Transgressionskonglomerat des Obertorton. Die Kalkbrekzie des zweiten Aufschlusses zeigt aber, daß auch der M. Fumaiolo-Sandstein nicht immer kontinuierlich auf den Kalk von S. Marino bzw. die Übergangszone folgt, sondern in einzelnen Fällen auf einer bereits erodierten Oberfläche abgelagert wurde (vergl. Kap. D. 3.7.2.).

200 m östlich der Brücke S.M. Maddalena existiert an der Straße ein gut 100 m langer Aufschluß mit eintönig mausegrauen geschichteten glaukonitführenden Sandmergeln. Diese sandigen Mergel entsprechen den hangenden Partien des M. Fumaiolo-Sandsteins, wie er z.B. auch im Komplex von S. Marino anzutreffen ist. G. RUGGIERI (1958) verglich diese Sandmergel mit den unteren Schichten seiner "Argille di Montebello", einem überwiegend sandigen Schichtkomplex über dem M. Fumaiolo-Sandstein der Klippe von Montebello (siehe Kap. D. 3.7.5.). Die ausgeschlammte Mikrofauna im unteren Teil des Aufschlusses ist schlecht erhalten und zum größten Teil stark korrodiert. Sie enthält bis auf wenige Ausnahmen benthonisch lebende Foraminiferen und einige unbestimmbare Ostrakoden:

<i>Textularia</i> sp.	
<i>Dorothia gibbosa</i>	(D'ORB.)
<i>Martinotiella communis</i>	(D'ORB.)
<i>Robulus</i> sp.	
<i>Elphidium crispum</i>	(LINNE)
<i>Bolivinopsis</i> sp.	
<i>Siphonodosaria monilis</i>	(SILV.)
<i>Globigerinoides trilobus sacculifer</i>	(BRADY)
<i>Anomalina helicina</i>	(COSTA)
<i>Cibicides pseudoungerianus</i>	(CUSH.)

Im oberen Teil des Aufschlusses nimmt die Vermergelung zu. Die Bankdicke nimmt ab. Das Gestein wird weicher. Der größte Teil der Mikrofauna besteht nun aus planktonischen Foraminiferen, ist aber in der Regel schlecht erhalten.

Probe 6717 : mittelgraue, schwach sandige zersplitterte Mergel, 18 m über Niveau der Straße nahe der Kontaktzone zum Transgressionskonglomerat

<i>Textularia</i> sp.	
<i>Martinotiella communis</i>	(D'ORB.)
<i>Elphidium crispum</i>	(LINNE)

Siphonodosaria sp.	(D'ORB.)
Globigerina bulloides	TODD.
" nepenthes	HOWE + WALLACE
" cf. ouachitaensis	(BOLLI)
Globigerinoides aguasayensis	(BOLLI)
" obliquus	(GALLOWAY + WISSLER)
" ruber cyclostomus	(DE STEFANI)
" sicanus	LE ROY
" trilobus immaturus	BRONN.
Orbulina suturalis	CUSH. + RENZ
Sphaeroidinella rutschi	KEIJZER
Sphaeroidinellopsis grimsdalei	(CUSH. + ELLISOR)
Globorotalia mayeri	
Globoquadrina sp.	
Anomalina sp.	
Cibicides sp.	

Diese Fauna belegt sicheres Torton.

Bei Ponte S.M. Maddalena transgrediert das Obertorton auf diese Sandmergel mit deutlich sichtbarer Diskordanz mit einem groben Konglomerat (vergl. Kap. D. 3.7.2.).

Besonders gut aufgeschlossen ist dieser Transgressionshorizont nördlich der Brücke entlang der Straße SS 208 in Richtung auf Secchiano. Er liegt hier im Kontakt mit dem organogenen Kalk des M. Ceti. Die Schichten fallen mit 35-40° in südlicher Richtung zur Straße ein. Das aufgearbeitete Material setzt sich aus den Serien der Oberkreide bis zum Torton zusammen. Die Mächtigkeit beträgt 25-50 m.

Auf das Konglomerat nördlich der Marecchia bzw. den Sandstein im südlichen Bereich folgen ungefähr 75-100 m eines immer mehr vermergelnden Schichtkomplexes. Es sind dies die Mergel von Legnanone, die dem Obermiozän angehören (Messiniano). Sie reichen bis an die Gipse, mit denen die Sedimentation des Miozän abgeschlossen wird. Die Mergel sind überaus reich an gut erhaltenen Foraminiferen, unter denen besonders die hervorragend konservierten Orbulinen und Spiroplectamminen ins Auge stechen. Die Fauna entspricht der vergleichbaren Serie von S. Marino (vergl. Kap. D. 3.7.2.).

Obwohl die Faunengemeinschaft ungemein artenreich ist, bleibt es schwierig, sie genau einzustufen. Es besteht in dieser Serie dieselbe Schwierigkeit, das Obermiozän einerseits vom Torton und andererseits vom Pliozän abzugrenzen wie in den autochthonen Fanante-Mergeln. Nach mündlicher Mitteilung von Herrn Prof. HAGN (München 1967) ähneln die Foraminiferen aus den

mittleren Partien zwischen dem Sandstein (oder Kongl.) und den Gipsen eher den Torton Formen. Nach G. RUGGIERI sprechen die Spiroplectamminen eher für Pliozännähe.

Die Mergel von Legnanone werden von mehreren isolierten Gipsvorkommen abgelöst. Bei Ca Giardi liegt ein 10-20 m mächtiges Schichtpaket freipräpariert auf den Mergeln. Es handelt sich z.T. um kompakten grobkristallinen allerbasterartigen Gips. Neben dem Aufschluß um Ca Giardi existieren andere Vorkommen bei Legnanone, Ca Cereto, Passo della Volpe und NE von Secchiano bei la Pieve. Die Gipse sind im Becken von Secchiano/M. Ceti sedimentfrei.

3.7.5. Montebello

Unter dem Begriff Montebello ist ein etwa 5 qkm umfassendes Areal zusammengefaßt, dessen ehemals ringförmige, atollartige Anlage nur noch an einzelnen Punkten erkenntlich ist. Der Kalk von S. Marino ist nur noch in der Klippe von Montebello (436 m) und in kleineren Vorkommen am M. del Ronco (308 m), auf Höhe 313 m SE von Montebello, bei Mad.^{na} di Saiano, in Castello und im S nahe der Brücke der strada statale 208 über den T. Mazzocco anzutreffen. Es handelt sich durchweg um Bryozoenkalk Typ S. Marino.

In der Klippe von Montebello erreicht der organogene Kalk eine maximale Mächtigkeit von 75 m. An der Basis ist brekziöses Material eingeschaltet, das aus Komponenten der Argille caotiche und des Carpegna-Alberese besteht. Im unteren Teil ist der Kalk fast ungebankt. Die Matrix zwischen den fast nur aus Bryozoen bestehenden organischen Resten ist feiner als in den anderen Vorkommen. Der Anteil an klastischem Material ist sehr gering. Nur der Kalk am M. del Ronco enthält einige größere serizitisierte Feldspäte. Im oberen Teil liegt ein recht gut geschichtetes Sediment vor, dem ein wesentlich höherer Prozentsatz klastischen Materials zugehört. Zwischen Cse. Fagnano und Fontebuona geht daraus grob gebankter brauner oder grauer Sandstein hervor. Den größten Teil zwischen der Höhe von Montebello und dem Marecchiatal machen gut geschichtete hellgraue mehr oder weniger sandige Mergel aus, die eine reiche Mikrofauna enthalten.

Proben 6669/73 hellgraue, tonige Mergel 250 m E von Ca del
Dando auf Höhe 225 m

<i>Spiroplectammina carinata</i>	(D'ORB.)
" <i>wrighti</i>	(SILV.)
<i>Quinqueloculina padana</i>	PERCONIG
<i>Spiroloculina depressa</i>	D'ORB.
<i>Sigmoilina tenuis</i>	(CZJZEK)
<i>Triloculina tricarinata</i>	D'ORB.
<i>Pyrgo oblonga</i>	(D'ORB.)
<i>Robulus calcar</i>	(LINNE)
<i>Robulus cf. gyrosalprum</i>	
<i>Lenticulina sp.</i>	
<i>Marginulina glabra</i>	(D'ORB.)
<i>Nodosaria raphanus</i>	(LINNE)
<i>Vaginulina cf. sulcata</i>	COSTA
<i>Lagena striata</i>	(D'ORB.)
<i>Lagenodosaria scalaris</i>	(BATSCH)
<i>Glandulina laevigata</i>	D'ORB.
<i>Orthomorphina tenuicostata</i>	(COSTA)
<i>Bulimina fusiformis</i>	WILL.
<i>Bolivina dilatata</i>	REUSS
<i>Uvigerina auferiana</i>	D'ORB.
" <i>flinti</i>	CUSH.
" <i>rutila</i>	CUSH.
<i>Hopkinsina bononiensis</i>	(FORN.)
<i>Pleurostomella alternans</i>	SCHW.
<i>Eponides umbonatus</i>	(REUSS)
<i>Rotalia beccarii</i>	(LINNE)
<i>Valvulineria sp.</i>	
<i>Globigerina bulloides</i>	D'ORB.
" <i>diplostoma</i>	REUSS
" <i>parabulloides</i>	BLOW
" <i>dutertrei</i>	(D'ORB.)
<i>Globigerinoides conglobatus</i>	(BRADY)
" <i>immaturus</i>	LE ROY
" <i>irregularis</i>	LE ROY
" <i>minimus</i>	CHRISTODOULOU
" <i>sacculifer</i>	(BRADY)
" <i>trilobus</i>	(REUSS)
<i>Orbulina universa</i>	D'ORB.
<i>Hastigerina siphonifera</i>	(D'ORB.)
<i>Cibicides pseudoungerianus</i>	(CUSH.)

Diese Fauna, sowohl nach planktonischen als auch nach benthonischen Foraminiferen, ist absolut sicheres Obermiozän (Ca. Zone N 17). Sie gehört nicht, wie G. RUGGIERI (1958) behauptet, dem Helvet-Torton an. Die stratigraphische Einstufung seiner "Argille di Montebello" ist daher ungenau. Diese Abfolge ist vielmehr den obermiozänen Mergeln von Legnanone zuzuordnen, wie sie bereits in Kap. D. 3.7.2. und D. 3.7.4. beschrieben wurden.

Aufgrund der falschen stratigraphischen Einstufung dieser Ab-

mittleren Partien zwischen dem Sandstein (oder Kongl.) und den Gipsen eher den Torton Formen. Nach G. RUGGIERI sprechen die Spiroplectamminen eher für Pliozännähe.

Die Mergel von Legnanone werden von mehreren isolierten Gipsvorkommen abgelöst. Bei Ca Giardi liegt ein 10-20 m mächtiges Schichtpaket freipräpariert auf den Mergeln. Es handelt sich z.T. um kompakten grobkristallinen allerbasterartigen Gips. Neben dem Aufschluß um Ca Giardi existieren andere Vorkommen bei Legnanone, Ca Cereto, Passo della Volpe und NE von Secchiano bei la Pieve. Die Gipse sind im Becken von Secchiano/M. Ceti sedimentfrei.

3.7.5. Montebello

Unter dem Begriff Montebello ist ein etwa 5 qkm umfassendes Areal zusammengefaßt, dessen ehemals ringförmige, atollartige Anlage nur noch an einzelnen Punkten erkenntlich ist. Der Kalk von S. Marino ist nur noch in der Klippe von Montebello (436 m) und in kleineren Vorkommen am M. del Ronco (308 m), auf Höhe 313 m SE von Montebello, bei Mad.^{na} di Saiano, in Castello und im S nahe der Brücke der strada statale 208 über den T. Mazzocco anzutreffen. Es handelt sich durchweg um Bryozoenkalk Typ S. Marino.

In der Klippe von Montebello erreicht der organogene Kalk eine maximale Mächtigkeit von 75 m. An der Basis ist brekziöses Material eingeschaltet, das aus Komponenten der Argille caotiche und des Carpegna-Alberese besteht. Im unteren Teil ist der Kalk fast ungebankt. Die Matrix zwischen den fast nur aus Bryozoen bestehenden organischen Resten ist feiner als in den anderen Vorkommen. Der Anteil an klastischem Material ist sehr gering. Nur der Kalk am M. del Ronco enthält einige größere serizitisierte Feldspäte. Im oberen Teil liegt ein recht gut geschichtetes Sediment vor, dem ein wesentlich höherer Prozentsatz klastischen Materials zugehört. Zwischen Cse. Fagnano und Fontebuona geht daraus grob gebankter brauner oder grauer Sandstein hervor. Den größten Teil zwischen der Höhe von Montebello und dem Marecchiat al machen gut geschichtete hellgraue mehr oder weniger sandige Mergel aus, die eine reiche Mikrofauna enthalten.

Proben 6669/73 hellgraue, tonige Mergel 250 m E von Ca del
Dando auf Höhe 225 m

<i>Spiroplectammina carinata</i>	(D'ORB.)
" <i>wrighti</i>	(SILV.)
<i>Quinqueloculina padana</i>	PERCONIG
<i>Spiroloculina depressa</i>	D'ORB.
<i>Sigmoilina tenuis</i>	(CZJZEK)
<i>Triloculina tricarinata</i>	D'ORB.
<i>Pyrgo oblonga</i>	(D'ORB.)
<i>Robulus calcar</i>	(LINNE)
<i>Robulus cf. gyroscalprum</i>	
<i>Lenticulina sp.</i>	
<i>Marginulina glabra</i>	(D'ORB.)
<i>Nodosaria raphanus</i>	(LINNE)
<i>Vaginulina cf. sulcata</i>	COSTA
<i>Lagena striata</i>	(D'ORB.)
<i>Lagenodosaria scalaris</i>	(BATSCH)
<i>Glandulina laevigata</i>	D'ORB.
<i>Orthomorphina tenuicostata</i>	(COSTA)
<i>Bulimina fusiformis</i>	WILL.
<i>Bolivina dilatata</i>	REUSS
<i>Uvigerina auberiana</i>	D'ORB.
" <i>flinti</i>	CUSH.
" <i>rutila</i>	CUSH.
<i>Hopkinsina bononiensis</i>	(FORN.)
<i>Pleurostomella alternans</i>	SCHW.
<i>Eponides umbonatus</i>	(REUSS)
<i>Rotalia beccarii</i>	(LINNE)
<i>Valvulineria sp.</i>	
<i>Globigerina bulloides</i>	D'ORB.
" <i>diplostoma</i>	REUSS
" <i>parabulloides</i>	BLOW
" <i>duertrei</i>	(D'ORB.)
<i>Globigerinoides conglobatus</i>	(BRADY)
" <i>immaturus</i>	LE ROY
" <i>irregularis</i>	LE ROY
" <i>minimus</i>	CHRISTODOULOU
" <i>sacculifer</i>	(BRADY)
" <i>trilobus</i>	(REUSS)
<i>Orbulina universa</i>	D'ORB.
<i>Hastigerina siphonifera</i>	(D'ORB.)
<i>Cibicides pseudoungerianus</i>	(CUSH.)

Diese Fauna, sowohl nach planktonischen als auch nach benthonischen Foraminiferen, ist absolut sicheres Obermiozän (Ga. Zone N 17). Sie gehört nicht, wie G. RUGGIERI (1958) behauptet, dem Helvet-Torton an. Die stratigraphische Einstufung seiner "Argille di Montebello" ist daher ungenau. Diese Abfolge ist vielmehr den obermiozänen Mergeln von Legnanone zuzuordnen, wie sie bereits in Kap. D. 3.7.2. und D. 3.7.4. beschrieben wurden.

Aufgrund der falschen stratigraphischen Einstufung dieser Ab-

folge hält RUGGIERI den gut geschichteten Sandsteinkomplex zwischen dem M. del Ronco und Cse. Pian di Porto SE von Montebello sowie bei Pietracuta für das transgressiv liegende Obertorton (bei ihm bereits transgressives Obermiozän), das mancherorts auch als dickbankiger Sandstein als Vertreter des Transgressionskonglomerates vorkommt. Dieser Komplex gehört dem M. Fumaiolo-Sandstein an. Er stellt das Hangende des Kalkes von S. Marino vom M. del Ronco dar, befindet sich aber durch auftretende Störungen nicht mehr in seiner ursprünglichen Lage. Daher liegt das mittelmiozäne Sediment randlich auf dem Obermiozän. Im Montebellokomplex gelangten keine Gipse zur Ablagerung.

3.7.6. Torriana

Das Vorkommen zwischen Torriana und S. Giovanni in Galilea gehört nur noch mit seinem südlichen Teil zum Arbeitsgebiet. Es setzt sich aus einer sichelförmigen Klippe, mit den höchsten Erhebungen im M. Borgelino (427 m), Torre (456 m) und Castello di Torriana (455 m) zusammen, die alle im Aufschlußbereich des Kalkes von S. Marino liegen. An die nach W oder SW einfallenden Schichten des organogenen Kalkes, bei dem Bryozoen auch hier wiederum den weitaus größten Teil der Organismen ausmachen, schließt sich nach wenigen Metern des arenitischen Übergangsbereiches der M. Fumaiolo-Sandstein an. Darauf folgt das Obertorton mit dem Obermiozän, das in einer nach W immer breiter werdenden Zone aufgeschlossen ist. SW des M. Borgelino gelangten im Obermiozän sogar Gipse zur Ablage. Im Gipsbruch bei i Gessi sind nahezu saiger stehende Gipsschichten in einer Gesamtmächtigkeit von ca. 75 m aufgeschlossen. Es handelt sich im Gegensatz zu den meisten Evaporitvorkommen um großstengelige mehr oder weniger verunreinigte Gipskristalle. Vielfach zu beobachten sind Schwalbenschwanzzwillinge. In Klüften oder Schichtfugen ist oftmals Fasergips ausgeschieden. Eine zwischen zwei Gipslagen eingeschaltete 1,5 m mächtige sandmergelige Lage enthielt zahlreiche Pecten in unterschiedlichem Erhaltungsgrad, einige andere Lamellibranchiaten und Gastropoden:

Pecten vigolensis
Venus gallina
Laevicardium sp.
Diloma rotellaris

SIMON.
LAMK.

(NICHT.)

Die Mikrofauna war spärlich und eignete sich nicht zur Bestimmung, die Makrofauna gehört dem mittleren und oberen Miozän an.

3.7.7. Borgnano

Das Vorkommen von Borgnano an der Strada statale 208 besteht im wesentlichen nur aus dem Kalk von S. Marino, der in einem Kalkbruch abgebaut wird und daher unterhalb Ca Borgnano gut aufgeschlossen ist. Im unteren Teil des Bruches werden gelegentlich rote oder dunkelgraue Sedimenttaschen mit Tonen der Argille caotiche freigelegt. Im oberen Teil folgen einige Meter der Übergangszone und mit unscharfem Kontakt M. Fumaiolo-Sandstein. Südlich von C. Rompetrella sind zwei kleine Vorkommen des Transgressionskonglomerates erhalten geblieben. In Richtung auf Talamello folgen in einer breiten morphologischen Mulde nach SW einfallend hellgraue gutgeschichtete Mergel mit wechselndem Sandgehalt, die unterhalb Talamello von dem molasseartigen Sandstein der Antiklinale des M. Pincio abgeschnitten werden. Die aus den Mergeln ausgeschlammte Mikrofauna gehört dem Obermiozän an, weist aber noch große Ähnlichkeit mit dem Torton auf. Die Mergel sind mit den Mergeln von Legnanone zu parallelisieren.

3.7.8. Verucchio u.a.

Von allen allochthonen Kalkklippen ist das Vorkommen von Verucchio am weitesten nach NE vorgeschoben. Zugleich ist es am stärksten von der Erosion angegriffen. Die Klippe, auf der die Stadt Verucchio steht, besteht aus stark zerklüftetem organogenen Kalk. Die ursprünglich miteinander verbundenen Flächen am Ponte Verucchio (La Cava), auf Höhe 176 m bei K 6 und des M. Ugone mit seinen Ausläufern stehen nur noch durch ausgedehnte Hangschuttfelder und Verwitterungsböden im Zusammenhang. Der extrem hohe Bryozoenreichtum am M. Ugone verleiht dem Gestein eine weiße oder nur schwach gelbliche Farbe. Die nach E und S steil abfallende Klippe wird halbkreisförmig von einem etwa 1 km breiten Streifen obermiozäner Mergel begrenzt. Beide Serien grenzen mit tektonischem Kontakt aneinander.

Außer den beschriebenen mittel-obermiozänen Gleitdecken auf dem Marecchiaolisthostrom existieren zahlreiche kleinere klippenartige Erhebungen auf den Argille caotiche, die nur aus dem Kalk von S. Marino oder der Übergangszone zwischen dem Bryozoenkalk und dem M. Fumaiolo-Sandstein bestehen. Diese Vorkommen sind ihrer Größe nach geordnet: Monte Copiolo/M.S. Marco, Montemaggio, Pennabilli, l'Archetta - W von Montetiffi, Rocca Pratiffi, Petrella Guidi, Pietra dell'Uso, Botticella (alle überwiegend Kalk von S. Marino mit wechselndem Prozentsatz organischer Bestandteile) und an der SS 208 bei K 41, im T. Messa bei Höhe 432 m sowie bei M.^o della Fornace (Übergangsbereich mit unterschiedlich starker Glaukonitführung).

Weiterhin bestehen Gleitdecken, deren Sedimente hauptsächlich aus dickbankigen Sandsteinen aufgebaut sind. Es sind dies der Komplex des M. Pincio - M. della Perticara, die Platte von Montetiffi und einige kleinere Vorkommen, z.B. bei Ugrigno und am M. Fagnano.

In Form einer Antiklinale erstrecken sich M. Pincio/M. della Perticara in WNW - ESE Richtung von Perticara über Talamello bis in das Marecchiatal. Am östlichen Ufer des Flusses gehört zu diesem Komplex nur noch die Erhebung der Rocca di Maioletto, die das Hangende des M. Pincio darstellt. Die Serie erhielt wegen ihrer überwiegend sandigen Sedimente und weil sie nicht mit dem M. Fumaiolo-Sandstein gleichzustellen ist, die Bezeichnung "Sandstein von Perticara". Die Begehung des Geländes zeigt, daß das gesamte Vorkommen mit tektonischem Kontakt auf den Argille caotiche liegt. Dieser Kontakt ist an zahlreichen Stellen in der "Mulde" von Novafeltria und am Südrand der Gleitdecke bis zum nördlichsten Zipfel N von Perticara gut aufgeschlossen. Am Nordrand sind die Aufschlußverhältnisse schlechter, die Lage auf der allochthonen Tonserie ist jedoch deutlich erkennbar. Nur im Bereich von Talamello und bei Cse. Panicaia liegt die Antiklinale randlich auf der ebenfalls tonmergelig ausgebildeten Serie der Mergel von Legnanone. Diese lokale Überschiebungsgrenze deutet G. RUGGIERI (1956/1958) als stratigraphischen Kontakt und folgert dementsprechend, daß die Gleitdecke des M. Pincio dem Obermiozän angehört, da sie scheinbar direkt aus den obermiozänen Mergeln zwischen

Borgnano und Talamello hervorgeht.

Der Sandstein von Perticara besteht aus einer Anzahl von Sequenzen, die aus dickbankigem Sandstein bestehen und nach oben dünner werdende Sandsteinschichten und wenige mergelige Zwischenlagen enthalten.

In der Steilwand am N Ortsausgang von Perticara ist kompakter hellgrau oder braun verwitternder Sandstein aufgeschlossen. Die Mächtigkeit einiger Bänke erreicht Beträge von mehr als 10 m, schwankt im allgemeinen aber zwischen 0,5 m und 3 m. Viele Bänke zeigen Kreuzschichtung, ein Indiz für Sedimentation im Flachwasserbereich, andere sind gradiert. An zahlreichen Stellen sind Gerölllagen eingeschaltet, die sich aber überwiegend a.d.B. oder aber in den unteren Partien der Schichten befinden. Die aus dem Sandstein von Perticara gewonnenen Mikrofaunen sind schlecht erhalten und kleinwüchsig. In Analogie zu den Foraminiferen des M. Fumaiolo-Sandsteins sprechen sie für Torton, jedoch ist eine exakte Einstufung danach nicht möglich. Es wurden bestimmt:

<i>Cornuspira carinata</i>	(COSTA)
<i>Lenticulina</i> sp.	
<i>Elphidium advenum</i>	CUSH.
<i>Bolivina punctata</i>	D'ORB.
<i>Discorbis orbicularis</i>	(TERQUEM)
<i>Rotalia beccarii</i>	(LINNE)
<i>Cibicides boueanus</i>	(D'ORB.)
" <i>pseudoungerianus</i>	(CUSH.)

Bei Montetiffi folgen mit tektonischem Kontakt auf die Argille caotiche etwa 40-50 m graue Sandmergelschichten mit 10 bis 20 cm Mächtigkeit, die mit ungefähr ebenso mächtigen braungrauen Sandsteinbänken alternieren. Auf dieser Sandstein-

Mergelfolge liegt diskordant die schräggestellte Platte des Komplexes von Montetiffi. Dabei handelt es sich um graubraunen dickbankigen Sandstein. Diese Diskordanz wurde im T. Uso schon von T. LIPPARINI (1947) erkannt. Sie ist zwischen Montetiffi und Pietra dell'Uso an verschiedenen Stellen sichtbar. Im T. Uso zeigt sich, daß die liegende Serie erodiert ist, denn der diskordant darauf liegende Sandstein füllt mertiefe Erosionstaschen aus.

LIPPARINI hielt das Liegende für Helvet und bezeichnete den Sandstein als transgressiv darauf liegendes "Tortoniano Lignitifero", da sich an der Basis des Sandsteins vereinzelt

Lignitlinsen befinden.

Die Proben, oberhalb der Diskordanz aus noch sandmergeligen Zwischenlagen entnommen, enthalten eine Faunengemeinschaft, die ähnlich der des Sandsteins von Perticara für Torton spricht, die aber keine typische tortone Form beinhalten.

Es wurden bestimmt:

Elphidium advenum	CUSH.
" crispum	(LINNE)
Siphonodosaria sp.	
Eponides haidingeri	(BRADY)
Rotalia beccarii	(LINNE)
Globigerinoides trilobus immaturus	LE ROY
Orbulina suturalis	BRONN.
Globorotalia obesa	BOLLI
Cibicides floridanus	(CUSH.)
" mexicanus	(NUTT.)

Die Bestimmungen unterhalb der Diskordanz ergaben abweichend von LIPPARINI für den Bereich um Montetiffi oberes Aquitan, im T. Uso bei Pietra dell'Uso jedoch bereits Torton.

Im einzelnen wurden bestimmt:

bei Montetiffi

Karrerella gaudryinoides	(FORN.)
Marginulina glabra	D'ORB.
Lagena sp.	
Elphidium flexuosum	(D'ORB.)
Bolivina sp.	
Uvigerina proboscidea	SCHW.
" rustica	CUSH. + EDW.
Globigerina bulloides	D'ORB.
" praebulloides	BLOW
Globigerinoides bisphaericus	TODD
" trilobus primordius	BLOW + BANNER
" " trilobus	REUSS
Orbulina suturalis	BRONN.
Globorotalia mayeri	CUSH. + ELLISOR
" obesa	BOLLI
" opima	BOLLI
" pseudobulloides	PLUMMER
" scitula	BRADY

bei Pietra dell'Uso

Textularia sp.	
Vulvulina pennatula	(BATSCH)
Robulus aff. cultratus	MONTF.
" rotulatus	(LAMARCK)
Marginulina sp.	
Dentalina sp.	
Lagena sp.	
Glandulina laevigata	D'ORB.
Nonion soldanii	(D'ORB.)
Bolivina arta	MACFAD.

<i>Siphonodosaria monilis</i>	(SILV.)
" sp.	
<i>Globigerina apertura</i>	CUSH.
" diplostoma	REUSS
<i>Globigerinoides ruber cyclostomus</i>	(GALL! + WISSLER)
" sicanus	DE STEFANI
<i>Orbulina universa</i>	D'ORB.
<i>Globoquadrina altispira altispira</i>	(CUSH. + JARVIS)

Daraus erhellt, daß die Transgression, die hier wahrscheinlich zum gleichen Zeitpunkt erfolgte wie im Autochthon (Kalksandstein von il Casino) und am M. Cerreto bzw. bei Ponte S.M. Maddalena (Transgressionskonglomerat) über eine leicht verstellte Transgressionsoberfläche erfolgte, deren Alter mindestens Oberaquitan bis Torton umfaßt.

Eine gesonderte Stellung nimmt die Zone zwischen Uffogliano, Strigara und Ginestreto ein. Dieser Bereich ist von den übrigen allochthonen Elementen der Titano-Fumaiolo-Gruppe zu trennen, da hier die Sedimentation frühestens mit dem oberen Torton auf den Argille caotiche einsetzt. Das Gebiet um Uffogliano, am M. Bigoncio und die Zone zwischen C. Le Siepi und Alessio setzen sich entweder aus bis zu 3 m dicken kompakten gelben oder hellbraunen Sandsteinen mit unregelmäßig darin verteilten Geröllen zusammen oder bestehen aus ebenso mächtigen konglomeratischen Bänken, deren Komponenten den Argille caotiche, dem Carpegna-Alberese, dem Kalk von S. Marino entstammen. Sie enthalten aber auch schon Sandsteingerölle, die wahrscheinlich dem M. Fumaiolo-Sandstein angehörten. Diese Beobachtung in Verbindung mit ausgeschlammten Mikrofaunen aus dünnen mergeligen Zwischenschichten bestätigt die Annahme, daß es sich bei diesen Sedimenten um Äquivalente des Transgressionskonglomerates anderer Vorkommen handelt und daß der Beginn der Sedimentation über der Diskordanz im Obertorton zu suchen ist.

Die Proben enthalten eine Mikrofauna, die sicher noch dem Torton zugeordnet werden kann. Es wurden bestimmt:

<i>Dorothia gibbosa</i>	D'ORB.
<i>Martinotiella communis</i>	(D'ORB.)
<i>Cornuspira</i> sp.	
<i>Robulus</i> cf. <i>rotulatus</i>	(LAMARCK)
<i>Nodosaria ovicula</i>	D'ORB.
" <i>longiscata</i>	D'ORB.
<i>Lagena</i> sp.	
<i>Glandulina laevigata</i>	D'ORB.

Nonion pompilioides	(FICHT. + MOLL)
Elphidium crispum	(LINNE)
Bulimina inflata	SEG.
" marginata	D'ORB.
Uvigerina longistriata	PERCONIG
" sp.	
Gyroidina girardana	(REUSS)
" cf. neosoldanii	BROTZEN
Eponides umbonatus	(REUSS)
Rotalia beccarii	(LINNE)
Globigerina apertura	CUSH.
" bulloides	D'ORB.
" falconensis	BLOW
Globigerinoides trilobus	(REUSS)
Orbulina bilobata	(D'ORB.)
" universa	D'ORB.
Globorotalia scitula	BRADY
Planulina ariminensis	(D'ORB.)
Cibicides lobulatus	(WALK. + JAC.)
" refulgens	(MONTF.)

Zwischen Ca Allessandro und Ponte dell'Uso gelangte eine Abfolge zur Sedimentation, die überwiegend aus gut geschichtetem mergeligen Material aufgebaut ist. Dazwischen befinden sich meist flachliegend Bereiche mit vorherrschend sandmergeligen Schichten im Wechsel mit dünnen Sandsteinbänken. Manchmal ist eine geringmächtige Kalkbank zu beobachten. Daneben befinden sich in dieser Zone zahlreiche Aufschlüsse, die dickbankige meist blaßbraune Sandsteine zeigen.

Diese ganze komplexe Zone ist nur im Zusammenhang mit der Tektonik zu erklären. Wenn man sich vergegenwärtigt, daß mit dem auslaufenden Torton der Untergrund in viele kleine Einzelbeken bzw. Lagunen zerteilt wurde, und die Sedimentation dieses Bereiches zu dieser Zeit begann, so verwundert es nicht, daß heute auf engstem Raum Sedimente unterschiedlicher Ausbildung scheinbar zusammenhanglos anzutreffen sind, da auch dieser gesamte Bereich von den Gleitbewegungen seines allochthonen Untergrundes noch erfaßt wurde.

3.8. Zur Entstehung der Sedimente der Titano-Fumaiolo-Gruppe

Bei der Bearbeitung der allochthonen Klippen des Marecchiatal wurde schon frühzeitig erkannt, daß die Sedimente der Titano-Fumaiolo-Gruppe mit einem organogenen Riffkalk einsetzen. Allerdings vertraten frühere Autoren lange Zeit die Annahme, daß die Riff-Fazies einer ehemals zusammenhängenden Bedeckung an-

gehört haben muß, die erst später durch die Erosion zerlegt worden ist. So erklärte u.a. noch R. BEHRMANN (1936/1958) die Klippen des Marecchiatals als Erosionsreste eines sogenannten Quersattels von S. Marino. Nach F. SACCO (1936) soll das Miozänmeer die große feltrische Depression wie ein irregulärer Arm durchdrungen haben, wodurch die kalkigen und sandigen Schichten abgelagert wurden. Diese sollen später erodiert und zerschnitten worden sein und heute die Vorkommen des M. Titano, Verucchio, Pennabilli, La Verna usw. bilden. Diese Auffassungen können nicht mehr beibehalten werden. Ebenso scheint die Annahme von R. SELLI (1962), der sich F. RICCI LUCCHI (1964) anschließt, nur bedingt zuzutreffen. Danach sollen die Klippen durch ihren Bewegungsvorgang auf dem unterliegenden plastischen Material voneinander getrennt worden sein. Nach Ansicht des Verf. sind die Riffbildungen, die heute im Marecchiatal anzutreffen sind, Erosionsreste ehemals in sich geschlossener Inselriffe auf einem tektonisch instabilen Untergrund gewesen, die nie miteinander in Zusammenhang standen. Ebenso wird angezweifelt, daß sie sich auf dem plastischen Material der Argille caotiche allzuweit eigenständig bewegt haben, obwohl Bewegungen stattgefunden haben.

Die Sedimentation des Riffkalkes begann auf den Argille caotiche zu einer Zeit, in der der Gleitprozeß des Olisthostroms mit der auflagernden Gleitdecke des Carpegna-Alberese durch eine "Ruheperiode" unterbrochen wurde. Die Zone dieser Periode ist SW des umbroromagnolischen autochthonen Faziesbereiches zu suchen. Man kann sie im Gebiet des Mandrioli Sandsteins annehmen, der nach W. FREY (1968) Aquitan bis mittleres Burdigal umfaßt. Das Olisthostrom muß dieses Gebiet Ende des mittleren Burdigal erreicht haben, denn die sofort darauf einsetzende Ablagerung des organogenen Kalkes (Typ: San Marino) begann bereits im oberen Burdigal.

Der Komplex des Alberese war dabei schon soweit gehoben, daß er teilweise oder wahrscheinlicher ganz als Insel aus dem Wasser ragte. Er war von einem Flachwassersaum unterschiedlicher Breite mit unterschiedlich hohem Relief umgeben. Ein Indiz für das Aufragen des Alberese aus dem Wasser ist, daß die miozänen Klippen nirgends darauf liegen, sondern daß der Untergrund der Titano-Fumaiolo Fazies stets von den Argille caotiche gebildet

wird. Hinweise in der italienischen Literatur (vergl. Kap. D. 3.3.), wonach Alberese und Kalk von San Marino in direktem Kontakt miteinander liegen, lassen sich nicht bestätigen.

Bei Beginn der Kalksedimentation muß man sich den instabilen Untergrund um die inselförmige Erhebung des Alberese derart zerlegt vorstellen, daß Peaks mit $\pm$ gleichem Niveau zwischen muldenartigen Depressionen aufragten. Auf diesen Erhebungen sedimentierte sich überall ein fast ungeschichteter massiger Kalk mit gleichartiger Ausbildung. An einigen Stellen (schwellaennahe ?) kam es an der Basis zu brekzienartigen Einschaltungen in den Kalk, die Komponenten des Alberese und der Argille caotiche enthalten. Über der Basis entwickelten sich Riffe, die überwiegend aus benthonisch lebenden Organismen mit karbonatischem Gerüst wie Bryozoen und Korallen sowie untergeordnet von semibenthonischen Mollusken aufgebaut wurden und die nur sehr wenig klastisches Material enthielten. Im weiteren Verlauf waren mehrere Vorgänge miteinander verknüpft. Im Inneren der Riffe fand eine leichte Absenkung oder schüsselförmige Verbiegung statt, durch die bewirkt wurde, daß im Beckeninneren vorübergehend noch feineres und noch weniger klastisches Material zur Ablage gelangte. Die Eindellung kann mit steigender Gewichtszunahme erklärt werden, wobei plastisches Material des Unterbodens seitlich ausgepreßt wurde. Mit dem Wandern der Trogachse des Beckens der "Formazione marnoso arenacea" setzte die Hebung des Schwellenbereiches ein, auf dem die Riffkalkbildung begonnen hatte. Ansteigen des terrigenen Materials und Rückgang der kalkbildenden Organismen waren die Folge. Das Näherrücken des SW der Schwellenzone gelegenen Festlandes steigerte sowohl die Zufuhr terrigenen Materials als auch die Sedimentationsgeschwindigkeit auf den nun absterbenden Riffen. Die kalkarenitische Übergangszone wurde vom rasch sedimentierten Komplex des M. Fumaiolo-Sandsteins abgelöst. Die Schüttung des M. Fumaiolo-Sandsteins erfolgte nicht nur in die ehemaligen Riffe, sondern auch dazwischen direkt auf die Argille caotiche, ist dort aber nur selten erhalten geblieben.

Zur Ablagerungszeit des M. Fumaiolo-Sandsteins sind nun auch größere Faziesdifferenzierungen zu beobachten, die einerseits durch unterschiedliches Niveau und damit unterschiedlich mächtiger Sandschüttung auffallen und die andererseits durch die

Entfernung der ehemaligen Riffe vom Festland (Deltaschüttung vom Schwellenbereich) verursacht wurden. Entfernungsdifferenzen von wenigen hundert Metern lassen sich deutlich an der Beschaffenheit der Sedimente ablesen.

Noch im Obertorton legt sich auf die während eines kurzen Bewegungsvorganges des Olisthostroms leicht gefalteten oder verkippten mittelmiozänen Sedimente diskordant ein Transgressionskonglomerat, dessen Gerölle auf einen kurzen Transportweg schließen lassen.

In der anschließenden regressiven Zeit gelangten schließlich immer mehr feinkörnige mergelreiche Sedimente zur Ablagerung. Benthonische Lebewesen traten darin zugunsten der planktonischen, die schließlich lediglich eingeschwemmt wurden, immer mehr zurück, da der allmählich ansteigende Salzgehalt lebensfeindlich wirkte. In einzelnen Lagunen hielt die Sedimentation bis zum Absatz von Gipsen an. Die meisten exotischen Vorkommen waren zu dieser Zeit aber bereits über die Oberfläche gehoben worden, so daß mit den obermiozänen Mergeln von Legnanone der Sedimentationszyklus endet. Die Sedimentation setzte sich im allgemeinen nur dort bis in das Unterpliozän fort, wo sie erst mit der Transgression des Obertorton begann.

4. Ne o a u t o c h t h o n

4.1. Mergelserie von Domagnano

Als Neoautochthon wurde eine Mergelserie bezeichnet, die im E des Arbeitsgebietes transgressiv auf den Argille caotiche liegt. Sie wurde nach dem Ort Domagnano als Mergelserie von Domagnano bezeichnet.

In den Erosionsrinnen südlich von Domagnano ist diese gutgeschichtete alternierende Serie mit hellgrauen Mergeln mit wechselndem Sandgehalt und dünnen 5-10 cm mächtigen grauen Sandsteinbänken aufgeschlossen. Diese Aufschlüsse sind typisch für den gesamten Aufnahmebereich zwischen dem Marecchiatal N von Verucchio und Faetano ca. 4 km E des M. Titano. Sie enthalten eine gut erhaltene überwiegend planktonische Pliozänfauna, die keine genauere Einstufung zuläßt. Da die Sedimentation des Autochthon bis in das Unterpliozän reicht, kann als wahrschein-

lich gelten, daß hier mittleres bis oberes Pliozän vorliegt. Nach den Ausführungen von G. RUGGIERI (1958) transgredierte das mittlere bzw. obere Pliozän am Ostrand des Apennin nicht in einheitlicher Fazies. So sind deren Sedimente rechts des Savio zwischen Monteaguzzo und Sogliano al Rubicone bzw. zwischen T. Uso und Marecchia überwiegend sandig bis molassisch ausgebildet, während sie zwischen Marecchia und Conca mehr mergeligen Charakter tragen.

Für die Mergelserie von Domagnano wurden folgende Foraminiferen bestimmt:

Vulvulina pennatula	(BATSCH)
Dorothia gibbosa	(D'ORB.)
Quinqueloculina sp.	
Robulus inornatus	(D'ORB.)
Lagenodosaria scalaris	(BATSCH)
Plectifronicularia semicosta	(KARRER)
Bulimina fusiformis	WILL.
" inflata	SEG.
" ovata	D'ORB.
Bolivina alata	SEG.
" cf. dentellata	TAVANI
" dilatata	REUSS
Uvigerina peregrina	CUSH.
Siphonodosaria sp.	
Rotalia beccarii	(LINNE)
Siphonina reticulata	(CZJZEK)
Pullenia bulloides	(D'ORB.)
Globigerina apertura	CUSH.
" bulloides	D'ORB.
" decoraperta	TAKAYANAGI + SAITO
Globigerinoides elongatus	(D'ORB.)
" obliquus	BOLLI
" ruber cyclostomus	(GALLOWAY + WISSLER)
" trilobus	(REUSS)
Hastigerina siphonifera	(D'ORB.)
Orbulina universa	D'ORB.
Sphaeroidinella dehiscens	(PARKER + JONES)
Sphaeroidinellopsis seminulina	(SCHWAGER)
Globorotalia acostaensis	BLOW

5. Q u a r t ä r

5.1. Hangschutt

Hangschuttflächen befinden sich hauptsächlich in den Gebieten, wo größere Vorkommen kompetenter Gesteine auftreten. Den besten Schuttspender liefert die Gleitdecke des Carpegna-Alberese. So sind z.B. der nördliche Abbruch des M. Canale und die Ausläufer des M. Carpegna von ausgedehnten Schutthalden bedeckt,

deren Entstehung durch die Zersplitterung der Mergelkalkbänke intensiv gefördert wird. Zu Hangschuttbildungen neigen auch der M. Ercole-Sandstein, der Sandstein von Perticara und die Steilwände des Kalkes von S. Marino.

5.2. Hangschuttbrekzie

An den Klippen von S. Marino und verucchio tritt eine leicht verfestigte Hangschuttbrekzie auf, deren Komponenten nur aus organogenem Kalk bestehen. Das Bindemittel ist karbonatisch. Bei Fiorentino ist eine schwache Schichtung zu erkennen, in einem Aufschluß am Ausgang der Zementfabrik wurden mehrere Strudellöcher beobachtet.

5.3. Bergstürze und Bergrutsche

Bergstürze treten häufig auf, wenn es z.B. während einer längeren Regenperiode zu Verschiebungen der Argille caotiche kommt. Auf diese Weise sind die Bergsturmassen am M.S. Silvestro bei S. Agata Feltria, bei Monte Benedetto und bei Rocca di Maioletto zu erklären.

Das Verhalten des als Bergrutsch (ital. frane) zu Tal gleitenden aufgeweichten Materials der Argille caotiche gleicht in vieler Hinsicht dem eines Gletschers. Die an der Oberfläche des Tonkuchens mitwandernden Gesteinsbrocken bewegen sich während des Gleitvorganges in Richtung auf die Zunge des Bergrutsches. Daraus geht hervor, daß die oberen Schichten des Komplexes schneller bewegt werden als die unteren bzw. die inneren. Fließgeschwindigkeiten bis zu 10 m/h wurden beobachtet. Während des Fließvorganges öffnen und schließen sich an der Oberfläche ständig Fiederspalten, während an den Seiten der rutschenden Massen lange Schrammen und Harnisch an ausgequetschten Partien entstehen.

5.4. Flußschotter

Die Marecchia durchfließt mit geringem Gefälle des Arbeitsgebiet von SW nach NE. Sie hat sich ein breit aufgeschottertes Flußbett geschaffen. In der Trockenperiode der Sommermonate mäandriert sie darin als Gewässer von nur 5-10 m Breite. Bei

Ponte Messa und flußabwärts ab Novafeltria bestehen weite Flächen subrezenter Aufschotterungen bis zu 4 m Höhe, die auch bei Hochwasser nicht mehr überflutet werden und z.T. bereits als landwirtschaftliche Flächen genutzt werden können. Nördlich von Verucchio durchfließt die Marecchia ein km breites sehr fruchtbares Schwemmland, das in die flache Küstenzone bei Rimini übergeht.

Das Flußbett des Savio zwischen Sorbano und Mercato Saraceno ist schmal, die Aufschotterungen durch die wesentlich höhere Fließgeschwindigkeit gering.

E. T E K T O N I K

1. Einleitung

Im historischen Überblick der Arbeit wurde schon darauf hingewiesen, daß die früheren Bearbeiter die im Marecchiabereich auftretenden Serien sämtlich für autochthon hielten und z.B. das Problem wie das Auftreten gleichaltriger Gesteine nebeneinander in völlig verschiedener Fazies entweder gar nicht berücksichtigten oder falsch deuteten.

Fortschritte brachten dann vor allem die Deckentheorie im alpinen Sinne von STEINMANN (1907) und DE LAUNAY (1907), die Annahme gravitativer Gleitdecken von P. DE WIJKERSLOOTH (1934) und die Theorie von orogenen Bergrutschen an sich nacheinander aus der Tyrrhenis aufwölbenden Runzeln (MIGLIORINI 1948, MERLA 1952). Alle diese Theorien, sowie die Theorie von REUTTER und SAMES (1964), die zwischen toskanischem und umbromarkischen Faziesraum einen emilianischen Trog postulieren, aus dem ihrer Ansicht nach das Marecchiaolisthostrom gekommen ist, beinhalten die Annahme, daß allochthones Material über eine Strecke von mehr als 200 km bzw. ca. 50 km bis an den östlichen Apenninrand verfrachtet worden ist. Davon ausgehend war es erforderlich, die Sedimente im Bereich des Marecchiatales in die drei tektonischen Einheiten Autochthon, Allochthon und Neoautochthon zu untergliedern. Im allochthonen Komplex wurden Gleitdecken verschiedenen Ursprungs erkannt und in Gruppen unterteilt.

2. Tektonik des Autochthon

Im W wird das Allochthon von der Marecchia-Serie und der Serie von Mercato Saraceno mit ihrem hangenden, den Fanante Mergeln begrenzt. Diese Serien werden nach italienischer Nomenklatur als "Formazione marnoso arenacea" bezeichnet. Sie gehören zusammen mit den Tevere-Mergeln im Gebiet von W. FREY dem romagnolischen Teil der umbro-markischen Außenzonen an und bilden, obwohl sie sich in ihrer typischen Ausbildung faziell voneinander unterscheiden, eine tektonisch zusammenhängende Einheit. G. RUGGIERI (1958) erkannte, daß die Strukturen dieser Serien

zwei verschiedene Richtungen aufweisen, und zwar NW-SE (direzione marchigiana) und WNW-ESE (direzione nordappenninica). Eine Trennungslinie zwischen diesen beiden Richtungen glaubt er in der Verbindung Sarsina-Faenza zu sehen. NE dieser Linie nehmen die Faltenachsen überwiegend die NW-SE Richtung ein. Die Sedimente des Torton sind dort zum größten Teil molasseartig, während sie in den WNW-ESE gerichteten Strukturen nur wenig solcher Sedimente enthalten. Dieses Schema trifft in etwa auch für das bearbeitete Gebiet zu, denn die nach S verlängerte Linie trennt im Arbeitsgebiet ungefähr die Marecchia-Serie von der Serie von Mercato Saraceno. Die Achsen der molasseartigen Serie von Mercato Saraceno haben eine Streichrichtung um 125° , die der flyschartigen Marecchia-Serie - soweit sie feststellbar waren - zwischen 130° und 170° .

Man muß diese Sedimente nördlich der Marecchiastörungszone von den südlich davon auftretenden Gesteinen differenzieren, da diese, wie G. VENZO (1954) zeigte, eine abweichende stratigraphische und tektonische Entwicklung durchmachten (s.u.).

Die Marecchia-Serie kann man als Ablagerung während der Flyschphase des umbro-romagnolischen Trogas, dessen langsame und stetige Verflachung zu einer allmählichen Faziesänderung führte, ansehen. So sind z.B. in den unteren Schichten dieser Serie Unterflächenstrukturen, graded bedding, convolute lamination und relativ mächtige horizontbeständige Sandsteinbänke häufig; Sedimentationsmerkmale, die den oberen Partien nahe der Überschiebungsgrenze fast vollkommen fehlen. Diese sind überwiegend mergelig oder sandmergelig ausgebildet und enthalten nur noch wenige gradierte Sandsteinbänke. Diese Entwicklungstendenz hält im Marecchiatal, im Einzugsbereich des T. Marecchiola weiter nördlich und auch in den aufgeschlossenen Schichten im T. Faenante an. Erst im Bereich des Savioales macht sich in den gleichaltrigen Schichten eine erneute Zunahme der Sandsteinschüttung bemerkbar. Hier geht aus der Marecchia-Serie die Serie von Mercato Saraceno hervor, deren dickbankige Schichten zahlreiche eingelagerte Gerölle, Kreuzschichtung, nach wenigen Metern auskeilende Konglomeratlagen usw. enthalten, Sedimentationsmerkmale molasseartiger Gesteine. Da für die Serie von Mercato Saraceno nur Torton bestimmt werden konnte, die Ma-

recchia-Serie im Torton aber noch flyschartige Sedimente enthält, die auf Ablagerung in tieferem Wasser hinweisen, muß man annehmen, daß zu dieser Zeit zwischen den flyschartigen und den molasseartigen Sedimenten nicht nur ein stratigraphischer, sondern auch ein lateraler Übergang besteht. Auf derartige Übergangsgesteine zwischen Flysch und Molasse, wie sie in diesem Gebiet vorliegen, verwies bereits R. TRÜMPY (1960).



Abb. 12 Schematisches Bild der "Struktur von Le Velle"

Westlich des Arbeitsgebietes liegen die Schichten der Marecchia-Serie im allgemeinen fast horizontal oder fallen flach nach NE ein. Nur in der "Struktur von Le Velle" (Abb. 12) und einer ähnlichen Aufbiegung im Senatellotal existieren steil aufgerichtete und gefaltete Schichten, die schon R. SIGNORINI (1940) beschrieb.

Erst östlich des T. Senatello beobachtet man eine sich nach NE steigernde Wellung der Schichten. Bereits im Marecchiatal zwischen Campo Calindi und Fso. della Rocca beobachtet man nur noch Faltensättel, die eine nach E stärker werdende NE Vergenz aufweisen (Abb. 13).

Südlich des Flusses ist der flach nach SW einfallende Flügel einer solchen Antiklinale von den Argille caotiche überschoben. Im Lauf des Fosso della Rocca bei Rocca Pratiffi sind dagegen

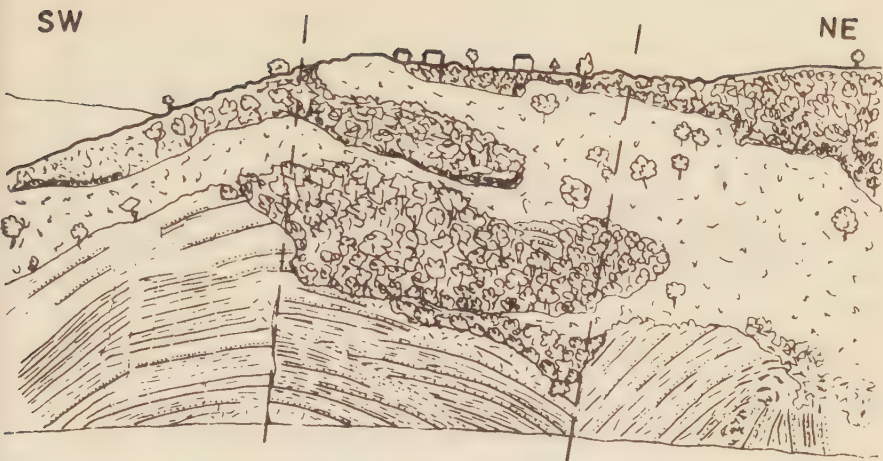


Abb. 13 Faltensattel der Marecchia-Serie mit angedeuteter NE Vergenz

steil stehende Schichten aufgeschlossen, die dem NE Flügel einer NE vergenten Antiklinale angehören, deren Satteltkamm von den allochthonen Massen erodiert worden ist (Abb. 14).

Ein ähnliches Faltenbild wie die Marecchia-Serie zeigen die Strukturen der Serie von Mercato Saraceno. Der Fluß durchschneidet die Serie etwa senkrecht zur Hauptstreichrichtung in NE Richtung. Dabei werden zwei Antiklinalen bei Montepetra-Montecastello und Mercato Saraceno aufgeschlossen, deren Achsen etwa um 125° NW-SE streichen und die nach SE unter die obermiozäne bzw. unterpliozäne Bedeckung der Beckenstruktur von Sapigno - Perticara abtauchen. Nach G. RUGGIERI (1958) lassen sich die Achsen jedoch nach NW über weite Strecken verfolgen.

Von Ponte Savio bei Sorbano flußabwärts erscheinen die Schichten der Serie von Mercato Saraceno zuerst flach nach SW geneigt. Das Einfallen beträgt $20-30^{\circ}$. Bis nach Montecastello richten sich die Schichten immer steiler auf. Von der Brücke über den Savio bei Montecastello blickt man schließlich auf ein fast saiger stehendes Schichtpaket von annähernd 500 m Mächtigkeit, das nach NE bis wenige Meter hinter die Einmündung des R. Nasseto reicht. Es wird dort von einer myloniti-

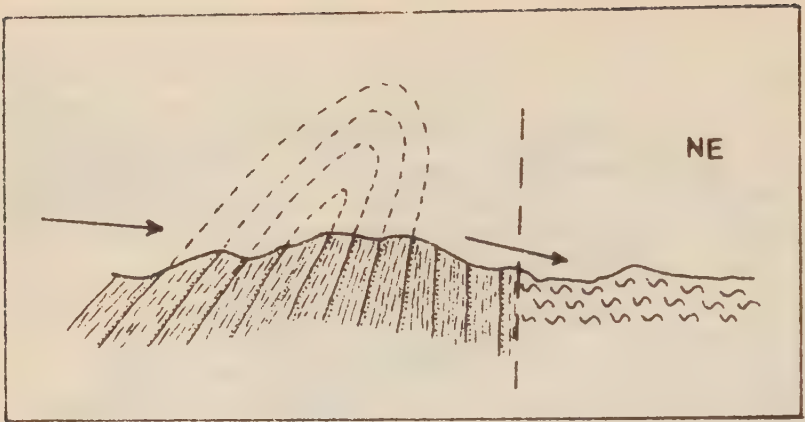


Abb. 14 Antiklinale der Marecchia-Serie, deren Sattelkamm von den vorrückenden Argille caotiche erodiert wurde

sierten Zone abgelöst, die ihrerseits wieder auf einem flach nach SW einfallenden Schichtpaket liegt, das dem internen Flügel der Antiklinale von Mercato Saraceno angehört. Eine eventuell dazwischen liegende enge Mulde ist wegen der während der Aufschiebung von SW nach NE entstandenen Verruschelungszone und des starken Bewuchses nicht sichtbar. Nach SE ist der aufgerichtete Komplex bis nach Montepetra zu verfolgen, wo er unter die mergeligen Schichten des Obermiozän taucht.

Die Antiklinale von Mercato Saraceno hat den gleichen Bauplan wie die Antiklinale von Montepetra.

Das NE von Mercato Saraceno liegende Gebiet weist eine andere Ausbildung auf. Dort befindet sich eine untergliederte Depression, die unter der Bezeichnung "Synklinale von Cella-Giagolo" bekannt ist (G. RUGGIERI 1958). Aus dieser Depression erheben sich mehrere untergeordnete Antiklinalen (z.B. am M. Iottone), die hauptsächlich aus dickbankigem Torton sandstein bestehen. Diese Muldenzone wird nach E von der Antiklinale von Collinello begrenzt (G. VENZO 1952). Die äußersten Strukturen gelangen mit ihren Ausläufern bereits in den Bereich der Poebene, unter der sie sich nach geophysikalischen Aufnahmen fortsetzen sollen.

Es zeigt sich, daß die Strukturen im Aufnahmebereich alle nach dem gleichen Schema angelegt sind. Im Gelände aufgeschlossen findet man immer nur Faltensättel mit mehr oder weniger flach

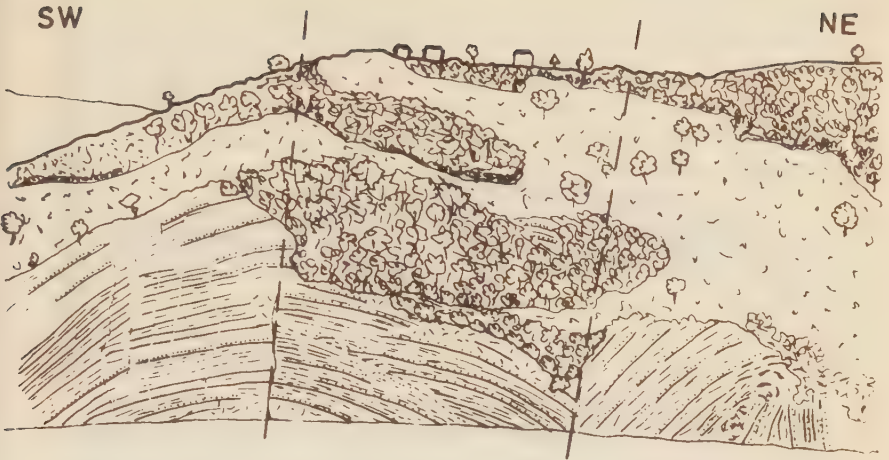


Abb. 13 Faltensattel der Marecchia-Serie mit angedeuteter NE Vergenz

steil stehende Schichten aufgeschlossen, die dem NE Flügel einer NE vergenten Antiklinale angehören, deren Satteltamm von den allochthonen Massen erodiert worden ist (Abb. 14).

Ein ähnliches Faltenbild wie die Marecchia-Serie zeigen die Strukturen der Serie von Mercato Saraceno. Der Fluß durchschneidet die Serie etwa senkrecht zur Hauptstreichrichtung in NE Richtung. Dabei werden zwei Antiklinalen bei Montepetra-Montecastello und Mercato Saraceno aufgeschlossen, deren Achsen etwa um 125° NW-SE streichen und die nach SE unter die obermiozäne bzw. unterpliozäne Bedeckung der Beckenstruktur von Sapigno - Perticara abtauchen. Nach G. RUGGIERI (1958) lassen sich die Achsen jedoch nach NW über weite Strecken verfolgen.

Von Ponte Savio bei Sorbano flußabwärts erscheinen die Schichten der Serie von Mercato Saraceno zuerst flach nach SW geneigt. Das Einfallen beträgt $20-30^{\circ}$. Bis nach Montecastello richten sich die Schichten immer steiler auf. Von der Brücke über den Savio bei Montecastello blickt man schließlich auf ein fast saiger stehendes Schichtpaket von annähernd 500 m Mächtigkeit, das nach NE bis wenige Meter hinter die Einmündung des R. Nasseto reicht. Es wird dort von einer myloniti-

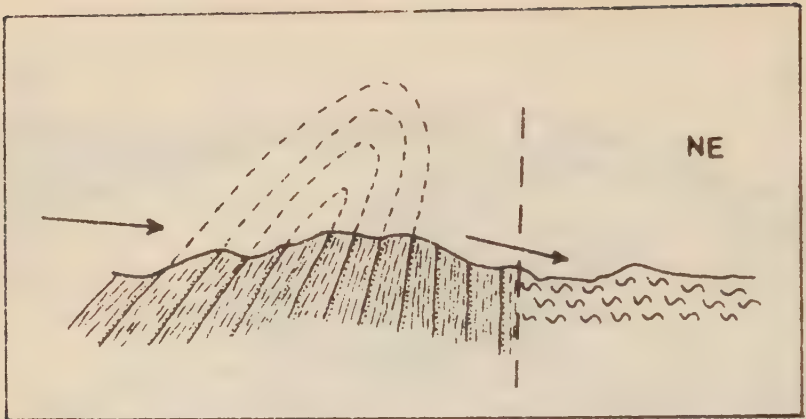


Abb. 14 Antiklinale der Marecchia-Serie, deren Sattelkamm von den vorrückenden Argille caotiche erodiert wurde

sierten Zone abgelöst, die ihrerseits wieder auf einem flach nach SW einfallenden Schichtpaket liegt, das dem internen Flügel der Antiklinale von Mercato Saraceno angehört. Eine eventuell dazwischen liegende enge Mulde ist wegen der während der Aufschiebung von SW nach NE entstandenen Verruschelungszone und des starken Bewuchses nicht sichtbar. Nach SE ist der aufgerichtete Komplex bis nach Montepetra zu verfolgen, wo er unter die mergeligen Schichten des Obermiozän taucht.

Die Antiklinale von Mercato Saraceno hat den gleichen Bauplan wie die Antiklinale von Montepetra.

Das NE von Mercato Saraceno liegende Gebiet weist eine andere Ausbildung auf. Dort befindet sich eine untergliederte Depression, die unter der Bezeichnung "Synklinale von Cella-Giagolo" bekannt ist (G. RUGGIERI 1958). Aus dieser Depression erheben sich mehrere untergeordnete Antiklinalen (z.B. am M. Iottone), die hauptsächlich aus dickbankigem Torton sandstein bestehen. Diese Muldenzone wird nach E von der Antiklinale von Collinello begrenzt (G. VENZO 1952). Die äußersten Strukturen gelangen mit ihren Ausläufern bereits in den Bereich der Poebene, unter der sie sich nach geophysikalischen Aufnahmen fortsetzen sollen.

Es zeigt sich, daß die Strukturen im Aufnahmebereich alle nach dem gleichen Schema angelegt sind. Im Gelände aufgeschlossen findet man immer nur Faltensättel mit mehr oder weniger flach

einfallendem SW-Flügel, der sich nach NE steiler aufrichtet und einen wechselnd mächtigen saigeren oder überkippt liegenden NE-Flügel, der auf einer neuen weiter extern gelegenen Flanke einer anderen Struktur liegt. Da nirgendseine deutlich ausgeprägte Mulde zu beobachten war, spiegelt sich das Erscheinungsbild von dachziegelartig aufeinander liegenden Antiklinalen wider, die mehr oder weniger aufeinander geschoben sind (siehe unten).

Vom Internrand der Marecchia-Serie bis zum Externrand der Serie von Mercato Saraceno läßt sich damit folgende tektonische Entwicklung beobachten: Die unteren Schichten der Marecchia-Serie liegen, mit Ausnahme der Aufbiegungen bei Le Velle und im Senatellotal, eben oder nur flach geneigt. E des Senatello setzt eine leichte Faltung ein, die sinusförmig verbogene Schichten schafft. Sie nimmt an Intensität nach NE zu. Die Faltengebilde werden schließlich NE vergent. Der Höhepunkt der tektonischen Entwicklung sind imbrizierende Antiklinalen, die an SW geneigten Schuppenbahnen aufeinander geschoben worden sind. NE von Mercato Saraceno läßt diese Entwicklung wieder nach. Es kommt zur Ausbildung von aufgeprägten Mulden- bzw. Sattelzonen (Abb. 15).

Bei der Deutung eines solcher Art verformten Gebietes gelangt man zu dem Schluß, daß auf die Schichten der mittelmiozänen Serien räumlich wie zeitlich ein unterschiedlich starker seitlicher Druck ausgeübt worden sein muß. Dieser Druck muß, da die Falten NE Vergenz zeigen, aus SW Richtung erfolgt sein. Der Vorgang der Faltung muß als Gleitfaltung angesehen werden, deren Intensität sich nach NE bis in den Bereich des Arbeitsgebietes verstärkt.

Der Prozeß der Gleitfaltung begann bei Hebung in der vom Arbeitsgebiet aus gesehenen internen Zone schon bei geringer Neigung. Als Abscherungshorizont boten sich Tevere-Mergel und untere Schichten der Marecchia-Serie an, die überwiegend mergelig ausgebildet sind. Der Abscherungsvorgang konnte dazu führen, daß es schon bei geringem Impuls an einigen synsedimentär angelegten Störungen zu einer Stauung kam, wodurch die Flanken der sich herausbildenden Falten gegeneinander gepreßt wurden. Dieser Mechanismus ist in den Strukturen von Le Velle und dem Senatellotal erhalten geblieben (siehe Abb. 12).



Abb. 15: Schematische Darstellung der Faltungsintensität in den mittelmiozänen Serien
des Autochthon

Die verstärkt weiter nach extern (NE) wandernde Hebung des "Hinterlandes" bedingte die zunehmende Kraft und den ansteigenden Druck des beweglichen Materials. Dadurch wurden die ebenfalls nach dem gleichen Muster wie die Strukturen von Le Velle usw. an Störungslinien gebildeten Falten östlich der Verbindungslinie zwischen Senatelloeintrömung in die Marecchia und dem Raum westlich von Sarsina, auf sich immer weiter nach NE neigende Schuppenbahnen geschoben. Die Aufschiebung ging im Saviotal zwischen Sarsina und Mercato Saraceno schließlich so weit, daß die Mulden vollkommen zerschert wurden und nicht mehr sichtbar sind. Ein Hinweis auf die Gleitfaltung der mittelmiozänen romagnolischen Fazies ist das Auftreten von Rutschstrukturen in den oberen Schichten der Serie von Mercato Saraceno bei Cse. Monte (1 km E von Mercato Saraceno). Das zeigt auf, daß das Sediment zur Zeit der Beanspruchung - also im Obertorton - noch $\pm$ unverfestigt gewesen sein muß und Schwerkraftgleitungen ausgesetzt war.

Dennoch ist der Gesamteinengungsbetrag der Marecchia-Serie und der Serie von Mercato Saraceno minimal, obwohl man annehmen muß, daß die durch die Gleitfaltung verursachte Einengung unterschiedlich stark ist und in den mittleren Zonen (z.B. Antiklinale von Mercato Saraceno, Montepetra usw.) größer ist als in den internen bzw. externen Bereichen. Einengungsbeträge bis zu 41 % der ursprünglichen Ausdehnung des Sedimentationsraumes, wie sie BALDACCI, ELTER u.a. (1967) auf der Höhe von Grosseto zu erkennen glauben, existieren hier nicht.

Der diskordant transgredierende Horizont des Kalksandsteins von il Casino, der ebenfalls noch dem obersten Torton zugeordnet werden muß, zeigt, daß der Faltungsprozeß im Torton zu suchen ist. Die Periode der verstärkten Hebung und damit verbunden der Druck der rutschenden Masse ließen in diesem Bereich demnach schon vor dessen Ablagerung nach. Die externen Strukturen der Serie von Mercato Saraceno wurden nur noch gefaltet, aber nicht mehr aufeinandergeschoben. Für das Beruhigen der Faltungsintensität spricht auch, daß in der Außenzone, NE des bearbeiteten Gebietes, die dem Kalksandstein von il Casino entsprechenden Sedimente konkordant auf der Serie von Mercato Saraceno liegen.

Die tektonische Aktivität des oberen Torton macht sich im Bereich des oberen Saviotales noch durch ein anderes Phänomen bemerkbar. Eingeschlossen in die mergeligen Schichten der oberen Marecchia-Serie, unter der Diskordanz des Kalksandsteins von il Casino, aber auch noch in den unteren Fanante Mergeln darüber, erscheinen olisthostromatische Argille caotiche der gleichen Ausbildung wie sie im Marecchiaolisthostrom anzutreffen sind. Diese olisthostromatischen Einschaltungen müssen zum Ende der Hebungsphase aus der Hauptgleitmasse der Argille caotiche losgelöst und dieser vorausgeglitten sein. Der Annahme G. RUGGIERIS (1953, 1956, 1958), daß es sich dabei um Relikte einer ausgedehnten Argille-Überschiebung handelt, kann nicht gefolgt werden (vergl. Kap. E. 3.1.). Daher kann auch seine Bezeichnung "Neoautochthon 1" für die Sedimente oberhalb der Diskordanz bis zum Unterpliozän nicht beibehalten werden. Dieser Komplex wird zwar von den mittelmiozänen Serien (Marecchia-Serie/Serie von Mercato Saraceno) unterschieden und als gesonderte tektonisch einheitliche Abfolge angesehen, dennoch aber dem Autochthon zugeordnet. Diese Abfolge wurde in verschiedenen tief angelegten Becken sedimentiert. Daraus ergibt sich die für das Obermiozän charakteristische Variabilität der Sedimentdicke, die jedoch auf eine generelle Linie bezogen von W nach E abnimmt.

Im Arbeitsgebiet ist das konkordant auf den Transgressionshorizont folgende Obermiozän (Sarmat) auf die Synklinalstruktur von Sapigno (nach G. RUGGIERI von den Grubengeologen der Mine bei Perticara als Becken von Perticara bezeichnet) und deren Ausläufer beschränkt. Aus dem Einfallen der mergeligen Schichten des Obermiozän geht hervor, daß die nach SE abtauchende Antiklinale von Montecastello - Montepetra bereits im Obermiozän im Untergrund als Schwelle diente, auf deren beiden Flanken das oberste Torton und das Obermiozän sedimentiert wurden. Mit zunehmender Verflachung des Wassers diente diese Schwelle als Barriere der Lagune, in der die Evaporation bis zur Ablage von Gipsen fortschreiten konnte. Die konglomeratischen Einschaltungen und die mergeligen Lagen in den Evaporiten zeigen die Festlandnähe an. Dafür spricht auch die Beschaffenheit der Mikroorganismen. Mit der zunehmenden Salinität in der Lagune verschwinden die benthonisch lebenden Foraminiferen

immer mehr; der prozentuale Anteil der Planktonen steigt schließlich bis auf annähernd 100 % an, obgleich auch sie sich quantitativ stark verringern. Das bedeutet, daß immer seltener Überflutungsperioden auftreten und damit weniger Lebewesen eingeschwemmt werden.

Diese Schwelle erklärt, warum das Unterpliozän nur am Ost- rand der Beckenstruktur von Perticara auf dem Obermiozän anzutreffen ist. Die Annahme RUGGIERIS, andere unterpliozäne Vorkommen seien durch das vorrückende Olisthostrom erodiert worden, trifft nur begrenzt zu. Man muß vielmehr annehmen, daß das Unterpliozän nur in einer sich bildenden Vorsenke sedimentiert wurde und daher nur wenig weiter nach W verbreitet gewesen sein kann. Dazu setzte die Heraushebung des Beckens von Perticara und des Schwellenbereiches bei erneutem Aufleben der tektonischen Aktivität ein, was zur Überschiebung der Argille caotiche in diese Vorsenke führte.

Verzahnungen der pliozänen autochthonen Sedimente mit olisthostromatischen Material konnten beobachtet werden (vergl. Kap. E. 3.1.).

Das Obermiozän und die unteren Teile des Unterpliozän unterlagen nur wenig der Faltung. Sie sind schräggestellt und zeigen verschiedentlich Rutschstrukturen, die darauf hinweisen, daß die tektonische Aktivität nicht gänzlich verebbte. Man kann annehmen, daß während dieser Zeit ein gewisses Ruhestadium mit nur schwacher Tektonik zwischen zwei Perioden stärkerer Bewegungen erreicht war. Schichten des höheren Unterpliozän sind vielfach gefaltet, die Falten weisen NE Vergenz auf. Diese Faltenbildung wird ebenso wie die Faltung der mittelmiozänen Serien als Gleitfaltung gedeutet. Wahrscheinlich wurden die oberen Schichten des unteren Pliozän durch das sich wieder in Bewegung setzende Olisthostrom veranlaßt, im noch unverfestigten Zustand abzuscheren und Schwerkraftfaltungen zu bilden.

Ein Vergleich der Zone nördlich der Marecchia, in der sich das Aufnahmegebiet befindet, mit dem südlich daran anschließenden Gebiet, das G. VENZO (1954) beschrieb, zeigt, daß das Miozän südlich des Marecchiaolisthostroms Strukturen angehört, in denen außer dem Tertiär mesozoische Faltenkerne aufgeschlossen sind. Das Abscherungsniveau dieser NW-SE gerichteten Strukturen soll hier im Gegensatz zu den Strukturen der Marecchia-Serie

und der Serie von Mercato Saraceno, deren Abscherungshorizont im unteren Miozän liegt, in den Gipsen der Obertrias zu suchen sein. Man muß daher annehmen, daß die Entwicklung im Süden anders verlief als im N, so daß die Einheitlichkeit des sogenannten umbro-markischen Faziesraumes in Zweifel gezogen werden muß. Die Unterteilung in einen romagnolischen Teil und einen umbro-markischen Teil, die im Bereich der Marecchia zusammentreffen, erscheint gerechtfertigt.

Das von VENZO beschriebene Miozän ist in einer durchgehend konkordant aufeinanderliegenden Abfolge vom Langhiano bis einschließlich Messiniano mit einer mittleren Mächtigkeit von 1650 m aufgeschlossen, wovon etwa 1000 m nur auf das Messiniano entfallen sollen. Das bedeutet, daß im Miozän in der Romagna nicht nur mindestens 1000 m mehr sedimentiert wurden als in den Marken, sondern daß die größten Mächtigkeiten nördlich der Marecchiaschichtungszone im mittleren Miozän auftreten, südlich davon dagegen erst im Obermiozän. Die Abnahme der Gesamtmächtigkeit südlich der Marecchiaschichtungszone läßt auf eine wesentlich geringere Absenkung im unteren und mittleren Miozän schließen, was auf ein Auslaufen des Sedimentationstrogas nach SE hinweisen könnte. Erst das Obermiozän, das nördlich des Flusses durch eine sehr kurze Transgressionsperiode mit anschließender Verflachung gekennzeichnet ist, müßte im S nach der Ablage der Gipse eine starke Absenkung bringen, wenn die Angabe von ca. 1000 m Messiniano stimmt. Das Pliozän, das im Arbeitsgebiet nachgewiesen werden konnte, soll südlich der Marecchia nach VENZO völlig fehlen. Da dieser A. für das Messiniano keine Faunenangaben macht, die ein Nachprüfen der stratigraphischen Grenzen ermöglichen würden, spricht ein Faziesvergleich der pliozänen Gesteine des Aufnahmegebietes mit den Sedimenten oberhalb der miozänen Gipse in der genannten südlichen Zone eher dafür, daß auch dort noch Unterpliozän sedimentiert wurde.

Die obertortonale Gleitfaltung in der Marecchia-Serie und der Serie von Mercato Saraceno wurde von VENZO südlich der Marecchia nicht beobachtet. Dort soll die gesamte Abfolge vom Mesozoikum bis einschließlich Messiniano am Ende des Messiniano gefaltet worden sein. Absenkung, Sedimentation, Faltung und anschließende Heraushebung müßten daher sehr schnell aufeinander gefolgt

sein. Nimmt man an, daß ein Teil des von VENZO bestimmten Messiniano noch dem Unterpliozän zugerechnet werden kann, dann erfolgte die Faltung südlich der Marecchiastörungszone etwa zur gleichen Zeit wie das Vordringen des Marecchiaolisthostroms bis zum E Apenninrand und die damit verbundene Gleitfaltung des Unterpliozän im Arbeitsgebiet des Verf..

3. Tektonik des Allochthon

3.1. Argille caotiche

Die Tektonik des Allochthon ist an die Argille caotiche und deren besonderes tektonisches Verhalten gebunden. Wie im einzelnen ausgeführt wird, wird dabei von der Grundkonzeption ausgegangen, daß im Bereich des oberen bis mittleren Marecchiatal's nur eine einzige große Überschiebung der plastischen Tone über die "Formazione marnoso arenacea" i.w.S. erfolgte. Diese Überschiebung geschah im Unterpliozän. Kleine Olisthostrome, die in die autochthonen Serien des Obertorton, z.B. in der Umgebung von Sarsina, eingeschaltet wurden, sind zwar zur Erläuterung des tektonischen Zeitablaufs wichtig, gehören aber keiner einheitlichen ehemals zusammenhängenden Überschiebungsmasse an. Damit wird die Annahme G. RUGGIERI's (1958), der zwei große gravitative Überschiebungen 1. im Obertorton und 2. im Unterpliozän zu sehen glaubt, abgelehnt.

Die Argille caotiche, zu denen das Marecchiaolisthostrom gehört, erstrecken sich von der Gegend um Caprese Michelangelo bis NE der Republik von San Marino schlauchartig über eine Gesamtlänge von ca. 55 km.

Da bei San Marino die Mächtigkeit schon gering ist (geschätzt werden etwa 200 m), kann man annehmen, daß sich die Front der Gleitmasse etwa in diesem Gebiet befindet. Auf der gesamten Länge liegen die Argille caotiche tektonisch auf autochthonen oder semiautochthonen Sedimenten, die von SW nach NE fortschreitend jünger werden. Das deutet auf eine Bewegungsrichtung von SW nach NE hin. Im vorliegenden Gebiet besteht dieser Kontakt zur Marecchia-Serie des Helvet und Torton sowie zur daraufliegenden Abfolge bis zum Unterpliozän der M. Spelano-Serie. Dieses Fortschreiten der Altersdifferenz von intern nach

extern spiegelt sich auch in den assimilierten Faunen wider. Für die Bewegung nach NE sprechen weiterhin die linsenförmigen Einschaltungen allochthoner Sedimente in die jeweiligen autochthonen Serien. Aufgrund neuerer Erkenntnisse über den Bewegungsmechanismus olisthostromatischer Massen kann man die Linsen für Vorläufer des Gesamtkomplexes halten. Derartige Vorläufer sind in diesem Gebiet erstmals in obertortonen Schichten nachzuweisen, ihre Ankunft kann also nicht vor dieser Zeit stattgefunden haben. Diese Ansicht wird heute auch von italienischen Autoren akzeptiert (z.B. G. MERLA 1957; G. RUGGIERI 1958; E. GIANNINI + M. TONGIORGI 1962; F. BALDACCI, P. ELTER et al. 1967 u.a.), nachdem sich die Annahme T. LIPARINIs (1947-49) die "Argille scagliose" seien praeoligozän angekommen als unrichtig erwiesen hat.

Die Einschaltungen von Argille caotiche im T. Fanante, bei Sarsina und Montepetra usw. hält G. RUGGIERI entgegen der hier vertretenen Ansicht für Relikte einer großartigen Tortonüberschiebung von allochthonen Sedimenten. Sie soll sich ehemals weiter nach NW und SE ausgedehnt haben als die heutige Verbreitung der kleinen Olisthostrome aufzeigt. RUGGIERI räumt aber ein, daß die Grenzen dieser Überschiebung sich nur noch schwer rekonstruieren lassen. Er hält es sogar für möglich, daß diese "colata tortoniana della Val Marecchia" sich nach NW so weit ausgedehnt hatte, daß sie in Verbindung mit einem ähnlichen Vorkommen, der "colata dell'Appennino bolognese" stand. Diese Masse soll die "Formazione marnoso arenacea" wie eine zusammenhängende Decke überlagert haben. Dieser Zusammenhang bestand sicher nicht. Wohl kann man annehmen, daß die Entwicklung im Bereich des Sillaro einen ähnlichen Verlauf nahm wie im Marecchia-Savio Bereich, da auch dort etwa die gleichen Sedimente von den Argille caotiche überlagert werden. Da die Einschaltungen aber in verschiedenen stratigraphischen Niveaus des Obertorton auftreten, zeigt sich, daß sie keiner zusammenhängenden Bedeckung angehört haben können. Das ließ RUGGIERI unberücksichtigt, obwohl bereits R. SIGMORINI (1940) diese Beobachtung gemacht hatte. Weiterhin ließ dieser Autor außer acht, daß die Normalsedimentation des Autochthon nach Einfließen der kleinen Olisthostrome allseitig darum ohne Unterbrechung weiterlief. Die Olisthostrome stehen in keiner direkten Verbindung mit

einer zu dieser Zeit nachrückenden größeren Gleitmasse, sondern sind von der Hauptgleitmasse völlig losgelöst. Es entfällt somit auch das Argument, das Auftreten in unterschiedlichen Niveaus könnte mit Verzahnungserscheinungen zwischen einem großen Olisthostrom und dem Normalsediment an der Front der Masse gedeutet werden. Wären die Linsen der Argille caotiche Erosionsreste einer größeren zusammenhängenden Bedeckung, so müßten sich auch an den autochthonen Sedimenten Schichtlücken und Spuren einer bzw. mehrerer Erosionsphasen ablesen lassen. Das ist aber in keinem Aufschluß möglich. Zu beobachten sind lediglich die scharfen Kontakte der Olisthostrome zum Nebengestein sowohl im Liegenden als auch - so weit zu beobachten - im Hangenden. Daraus ist zu entnehmen, daß die kleinen Olisthostrome relativ schnell ihren endgültigen Platz eingenommen haben müssen, da allmähliche Übergänge vom Hangenden zum weiter sedimentierenden normalen Sediment, wie sie K. GÖRLER und K.J. REUTTER (1968) beschrieben, nicht ermittelt werden konnten.

Aufbauend auf die Theorie einer zusammenhängenden großangelegten Gleitung zum Ende des Torton kam RUGGIERI (1958) naturgemäß auch bei der Interpretation einer vermeintlichen Überschiebungstirn in Schwierigkeiten. Auf einer erodierten Oberfläche müßte die Front der Argille caotiche nicht unbedingt mit dem heutigen Erscheinungsbild der kleinen Olisthostrome um Sarsina, Montepetra usw. identisch sein, zumal RUGGIERI, wie oben erwähnt wurde, mit einer flächenmäßig wesentlich größeren Verbreitung rechnete. Die Grenze könnte danach auch beträchtlich weiter im E gelegen haben. RUGGIERI fand dafür, wie nicht anders zu erwarten, aber keinerlei Anhaltspunkte und gelangte so zu dem Schluß, daß sich die externe Linie der Überschiebung auf der Verbindung zwischen Montepetra im N und dem T. Mutino südlich der Marecchia, wo ebenfalls Argillelinsen vorliegen, befinden muß. Er erklärte, daß an dieser Linie die "Kraft" der "colata tortoniana" erschöpft war und deshalb kein Argillevorkommen weiter E zu finden sei. An anderer Stelle dagegen schreibt dieser Autor (S. 59): "Tatsache ist, daß in Verbindung mit der zweiten Überschiebung" (gemeint ist damit die einzige große Überschiebung im Unterpliozän, die nach Ansicht des Verf. allein das allochthone Material an den Apenninrand trans-

portierte) "auch die Argille der ersten Überschiebung so lange mobil blieben, bis die Bedeckung des Neoautochthon 1" (gemeint sind die umbro-romagnolischen Sedimente zwischen der obertortonen Diskordanz und dem Unterpliozän) "zerbrochen und zerstückelt war und aus den beiden Überschiebungsmassen eine einzige tektonische Einheit gebildet wurde".

Der Grund, warum die kleinen Olisthostrome am Ende des Torton nicht weiter nach E vordringen konnten, liegt darin, daß zu dieser Zeit - nachdem der größte Teil des Gleitfaltenbildungsprozesses im Autochthon beendet war - in diesem Bereich die tiefsten Stellen der lagunären Restbecken bestanden. Mit den letzten Hebungsimpulsen des Hinterlandes rutschten sie vom Rand bis in das Beckenninnere vor, blieben am Beckenboden liegen und wurden einsedimentiert. In keinem einzigen Fall konnten mit diesen kleinen Olisthostromen beispielsweise Sedimente der Titano-Fumaiolo Gruppe in Verbindung gebracht werden. RUGGIERI dagegen nahm an, daß die im Torton angekommenen Argille caotiche (1. Überschiebung) exotische Sedimentpakete des Langhiano bis Torton bis an den Apenninrand mitgeschleppt hätten. Das bedeutet, daß entweder die Überschiebungsfront der tortonen Gleitmasse weiter im Osten lag, da die meisten der in Frage kommenden klippenartigen Vorkommen heute östlich der kleinen Olisthostrome liegen oder daß, wie R. glaubt, die im Unterpliozän vorrückende 2. Gleitmasse die den Argille caotiche der 1. Überschiebung auflagernden Klippen aufgenommen und weiter nach E transportiert hätte. Beides ist 1. nicht in Einklang zu bringen mit der "verebbenden Kraft der colata tortoniana" auf der Linie Montepetra - T. Mutino und 2. müßte man auf einer bereits im Torton zusammenhängend gegliittenen und später erodierten Masse Relikte der mitgeführten Schollen finden, die heute in Verbindung mit den kleinen Olisthostromen oder sogar getrennt davon im obertortonen autochthonen Normalsediment auftreten müßten.

Unerklärlich bliebe weiterhin, warum auf einer einerseits zum Stillstand gekommenen, andererseits aber angeblich im mobilen Zustand verharrenden tortonen Olisthostrommasse die darauffolgende Normalsedimentation (nach R. Neoautochthon 1) bei einem zweiten Vorstoß der Argille caotiche im Unterpliozän in unverändert autochthoner Position liegenblieb, während die Klippen auf der ersten Überschiebungsmasse (unter dem Normalsediment)

an die 2. Gleitmasse abgegeben und weiter nach E transportiert wurden.

Mit dem kontinuierlichen Nachlassen der tektonischen Aktivität im obersten Torton, setzte die Ankunft kleiner Argille-Olisthostrome aus. Die Schichten des Obermiozän sowie die Basischichten des Unterpliozän blieben infolgedessen frei von derartigen Einschaltungen. Man kann daraus den Schluß ziehen, daß sich die Hebung des Hinterlandes, in dem sich die Gleitmasse befand, soweit verlangsamte oder sogar gänzlich aufhörte, daß es bis zum Unterpliozän weder zur weiteren Loslösung kleinerer Olisthostrome noch zum Weiterwandern des gesamten Schlammstroms kam. Erst in den Schichten des höheren Unterpliozän sind erneut Einschaltungen von Argille caotiche zu beobachten. Bevor die Hauptmasse des Schlammstroms im Gebiet des mittleren Marecchiatales zwischen S. Agata Feltria - Pennabilli im SW und S. Marino - Torriana im NE eintraf und die autochthone Sedimentation unterbrach, kam es an verschiedenen Stellen im Gebiet zwischen Perticara und Strigara zu Verzahnungserscheinungen von chaotischem Tonmaterial mit kalkmergeligen Schichten der M. Spelano-Serie.

Zur Analyse des tektonischen Verhaltens des Allochthon für den Zeitraum vom Burdigal bis einschließlich Unterpliozän läßt sich folgende Entwicklung als wahrscheinlich herleiten: Die Entwicklung der Flachwassersedimente der M. Titano-Fumaiolo Gruppe, die aus einer lückenlosen konkordanten Folge vom Oberburdigal bis einschließlich Obertorton besteht (die Sedimente über dem Transgressionskonglomerat sind hierbei unberücksichtigt) zeigt, daß sich die Gleitmasse der Argille caotiche, auf der diese Gesteine sedimentiert wurden, für diese Zeit am Internrand des umbro-romagnolischen Faziesbereiches in einem Ruhestadium befunden haben muß. Für eine solche Ruhezone bietet sich der Ablagerungsraum des Mandriolisandsteins (W. FREY) an, dessen Sedimentation etwa im mittleren Burdigal endete. Die Argille caotiche müßten demnach zum Ende des mittleren Burdigal auf den Mandriolisandstein geglitten sein, da die Basis des organogenen Kalkes von San Marino mit oberem Burdigal datiert wurde (s.o.).

Die kurze tektonische Phase im oberen Torton, die zur Bildung der Gleitfalten im romagnolischen Autochthon führte (vergl.

Kap. E. 2.), bedingte einen kurzfristigen Gleitungsvorgang der Gleitmasse nach NE. Ein Stau an der Struktur von Le Velle ist wahrscheinlich. Dafür sprechen auch die in der weiteren Umgebung von Sarsina eingeschalteten Olisthostrome, die sich als Vorläufer von dieser Gleitmasse ablösen konnten und in den obertortonen Sedimentationstrog einglitten. Das Nachlassen der Hebung in diesem Bereich unterbrach das Vorrücken des Schlammstromes.

Nach der Ablagerung der obermiozänen autochthonen Gipse setzte eine zunächst langsame Absenkung am Außenrand des romagnolischen Trog ein, die sich mit Beginn des Pliozän verstärkt fortsetzte. Die Sedimentation schlug im Autochthon von mergeligen bzw. sandmergeligen Flachwasserablagerungen zu kalkig bis kalkmergeliger Fazies tieferen Wassers mit vorwiegend planktonischer Fauna um. Das Absinken des pliozänen Trog und vermutlich die erneut einsetzende Hebung des Hinterlandes ließen ein gewisses Gefälle entstehen, durch das die Gleitmasse der Argille caotiche mit ihren auflagernden Olistholithen wieder in Bewegung geriet und in diesen Trog vordrang. In den höheren Schichten des autochthonen Unterpliozän der M. Spelano-Serie ist dieser Gleitvorgang durch das Auftreten von NE vergenteten Gleitfalten und Rutschstrukturen gekennzeichnet (vergl. Kap. E. 2.).

Man muß annehmen, daß das wandernde Material die überfahrenden Sedimente z.T. erodierte. Das geht aus den assimilierten Faunen hervor und zeigt sich im Gelände z.B. im Bild der Antiklinale der Marecchia-Serie W von Rocca Pratiffi, deren Sattelkamm abgesichert ist und wahrscheinlich als Olistholith mitverfrachtet worden ist (Abb. 14). Ob der Südrand des obermiozänen Beckens von Perticara ebenfalls einer umfangreicheren Abtragung durch den vorrückenden Schlammstrom unterlag, wie RUGGIERI (1958) postulierte, erscheint fraglich, wenn man berücksichtigt, daß der Depressionsbereich wie er heute durch den Verlauf des Marecchiatals markiert wird, in seinen Anlagen bereits am Ende des Torton bestand. Das Abtauchen der Achsen der Serie von Mercato Saraceno nach SE sowie das von G. VENZO angeführte Einschieben der undulösen Faltenachsen in der Umgebung von Pietrarubbia nach NW lassen vermuten, daß Obermiozän und Unterpliozän sich unter der Bedeckung des Allochthon fortsetzen.

Dennoch muß man aus den zahlreich auftretenden pliozänen Mikrofossilien in den Argille caotiche schließen, daß auch Teile des autochthonen Plioziän, das während der Überschiebung noch unverfestigt war, assimiliert und sogar noch über kurze Distanz mitverfrachtet wurden. Dies geht aus einem Aufschluß bei Poggio-bianco hervor, wo eingeschlossen in chaotische Argille ein 3-6 m breites Paket weißlichgrauer pliozäner Kalkmergel beobachtet wurde. Die Schichten des pliozänen Sedimentes sind ähnlich zerstört wie die der Argille caotiche. Man kann annehmen, daß dieser Komplex ursprünglich dem Verzahnungsbereich zwischen vorrückendem Allochthon und dem Autochthon angehörte, abgeschert wurde und in den Schlammfluß mit einbezogen wurde, wobei der Schichtverband verloren ging.

Zum Ende des Unterplioziän ließ die Absenkung des pliozänen Ablagerungsraumes nach. Dadurch wechselte die Fazies im Autochthon zu sandiger Schüttung über. Die Gleitmasse kam zum Stehen und wurde von NE her von den Sedimenten des mittleren bis oberen Plioziän überlagert.

3.2. Die Olistholithe des Marecchiaolisthostroms

An Olisthostromen, die als Resediment mittels Schlammströmen aus älteren Gesteinen hervorgehen (GÖRLER und REUTTER 1968) wird häufig die Beobachtung gemacht, daß sie Gesteine mit sich führen, die von völlig anderer Beschaffenheit sind als die während des Schlammflusses bewegten quellfähigen Massen. Dabei handelt es sich überwiegend um kompetente Gesteine, die in verschiedener Größe im Hangenden oder innerhalb der Gleitmasse transportiert wurden. Solche mitverfrachteten Gesteine, meist handelt es sich um Sedimente, werden generell als Olistholithe bezeichnet. Dementsprechend müssen alle auf dem Marecchiaolisthostrom auftretenden Gesteine, die sich fast alle klippenartig aus der plastischen Tonmasse erheben, als Olistholithe angesehen werden. Aus diesem Begriff läßt sich jedoch nicht ablesen, ob auf Olisthostromen auftretende Olistholithe immer des gleichen genetischen Ursprungs sind oder ob ihre Entstehung sowohl hinsichtlich des Ortes als auch des Bildungsmodus verschieden gedeutet werden muß.

Nach der Definition von GÖRLER und REUTTER (1968) läßt sich

kompetentes Material in Olistholithe, Megolistholithe und Gleitdecken unterscheiden. Sie nehmen diese Trennung, ähnlich wie RIGO DE RIGHI (1957), der die Olistholithe nach ihrem geschätzten Volumen einteilte, nach der Größenordnung vor und teilen nach dem längsten Durchmesser der Vorkommen ein. Die Autoren bezeichnen Platten 100 m als Olistholith, 1000 m als Megolistholith, 1000 m als Gleitdecke. Diese Einteilung hat gegenüber RIGO DE RIGHI's Methode den Vorteil, daß man sie aufgrund eines Meßwertes gewinnt, während sich infolge des meist unbekannten Tiefganges (Eintauchen) der an der Oberfläche befindlichen Olistholithe in die plastische Gleitmasse das Volumen nicht bestimmen läßt. Unter Berücksichtigung genetischer Unterschiede bezüglich der Herkunft bietet sich die Möglichkeit, die Olistholithe aufgrund ihres von der Olisthostrommasse abweichenden Verhaltens während des Transportes in drei Gruppen einzuteilen. Dazu muß erwähnt werden, daß die Begriffsbestimmungen Olistholith - Megolistholith - Gleitdecke in allen drei Gruppen anwendbar sind. Ungeklärt muß bleiben, ob zwischen der Größe eines Olisthostroms und der Größe seiner Olistholithe ein unmittelbarer Zusammenhang besteht. Wohl kann man als feststehend annehmen, daß große Olisthostrome kleine Olistholithe aufweisen können und umgekehrt, andererseits muß man aber anscheinend unterscheiden zwischen primär geringmächtigen Olisthostromen, die auch größere Platten mitzuführen vermögen und abgelösten Vorläufern aus größeren Schlammströmen, denen es infolge ihres geringen Volumens nicht gelang, Olistholithe größeren Ausmaßes mitzureißen. Dafür sprechen die Beobachtungen an den eingeschalteten Olisthostromen um Sarsina, Montepetra usw. und an der mächtigen plastischen Gleitmasse im Marecchiatal. Unberücksichtigt bleibt bei der Deutung der Größe der Olistholithe die Gleitgeschwindigkeit des Schlammstroms, deren Bestimmung u.a. von der exakten Kenntnis des Ausgangs- und Endpunktes und deren genauer stratigraphischer Einstufung sowie der Kenntnis des Reliefs über das die Gleitmasse bewegt wurde abhängt.

Zur Unterscheidung genetisch verschiedenartiger Olistholithe erscheint es sinnvoll, Olistholithe I., II. und III. Ordnung voneinander zu trennen.

- Olistholith I : Darunter sind kompetente Gesteine zu verstehen, die aus dem gleichen ursprünglichen Ablagerungsraum wie das später durch Wasseraufnahme aktivierte plastische Material stammen. Sie können dort auf, in oder eventuell auch unter der sich später als Schlammstrom lösenden Masse gebildet worden sein.
- Olistholith II : Gesteine, die auf dem Olisthostrom während einer Ruhestellung abgelagert wurden, nachdem es eine gewisse Distanz von seinem Ausgangspunkt fortbewegt worden ist.
- Olistholith III : Gesteine, die nicht auf oder innerhalb des Olisthostroms ihren Ursprung haben, sondern während des Vorrückens der Gleitmasse bzw. während einer Ruhestellung darauf geglitten sind, oder beim Transport des Schlammstroms durch Abscherung aufgenommen worden sind.

In der Regel wird es schwierig sein, nach einer längeren Gleitstrecke die Olistholithe eines Olisthostroms immer richtig einzuordnen. Da sich für das Marecchiaolisthostrom bei Annahme einer ligurischen Herkunft ein Weg von über 200 km ergibt, bei Zugrundelegung einer Herkunft aus einem emilianischen Ablagerungsraum immer noch ca. 50 km verbleiben, kann man folgern, daß die auf dem Schlammstrom mitgewanderten Olistholithe auch eigenständige Bewegungen ausgeführt haben. Nur selten werden daher die primären Kontakte erhalten geblieben sein, die zur exakten Analyse erforderlich sind. So werden sich beispielsweise Olistholithe I. und II. Ordnung, die auf dem Olisthostrom gebildet wurden, schwer gegeneinander abgrenzen lassen, denn die Olistholithe I. können ihren sedimentären Übergang zum Ausgangsmaterial des Schlammstroms verloren haben und die Olistholithe II können sowohl einen transgressiv stratigraphischen als auch nach längerer Gleitung einen tektonischen Kontakt zu diesem Material haben.

Für das Arbeitsgebiet des Verf., in dem das Marecchiaolisthostrom im Unterpliozän in der Zone zwischen Pennabilli und San Marino zum Stehen gekommen ist, scheinen die Olistholithe den drei zur Diskussion gestellten Gruppen in folgender Verteilung anzugehören:

Olistholith I : Carpegna-Alberese
Olistholith II : Titano-Fumaiolo-Gruppe
Olistholith III : M. Ercole Sandstein/T. Mazzocco Serie

3.2.1. Titano-Fumaiolo-Gruppe

Die unter dem Begriff Titano-Fumaiolo-Gruppe zusammengefaßten Sedimente liegen sämtlich auf den Argille caotiche, aus denen sie z.T. mit beträchtlichen Steilwänden herausragen. Im gesamten Arbeitsgebiet liegen die Sedimente dieser Gruppe nie in direktem Kontakt zu anderen Gesteinen. Deshalb treffen auch Beschreibungen von P. PRINCIPI (1925) nicht zu, wonach die miozäne Kalkklippe von Pennabilli auf den Eozänkalken (Carpegna-Alberese) liegen und nur im W Kontakt zu den Argille caotiche haben soll. Desgleichen besteht am SW Rand von S. Leo kein direkter Kontakt zwischen dem organogenen mittelmiozänen Kalk von San Marino und dem Alberese, wie es RUGGIERI (1958) sah, sondern auch hier befindet sich zwischen beiden Serien noch ein schmaler aber einwandfrei aus Argille caotiche bestehender Streifen.

Bevor auf die mannigfaltigen Erscheinungsformen dieses Sedimentkomplexes näher eingegangen werden soll, erscheint es interessant, die regionale Verbreitung der Vorkommen aufzuzeigen, die Rückschlüsse auf das Bildungsmilieu dieser Flachwasserablagerungen zuläßt.

Der größte Teil der miozänen Klippen des Marecchiatals gruppiert sich in mehr oder weniger großem Abstand um die in Auflösung befindliche große Platte des Carpegna-Alberese oder deren bereits abgelöste Ausläufer. Die gleiche Beobachtung ist auch in den Vorkommen des M. Fumaiolo und bei La Verna zu machen. Da in einigen Vorkommen a.d.B. des organogenen Kalkes Brekzien eingeschaltet sind, die hauptsächlich Komponenten des Alberese enthalten, kann man schließen, daß an der Wende Burdigal/Helvet die Albereseplatte zumindest teilweise eine der Erosion unterliegende Hochfläche darstellte, in deren Nähe sich auf einem unebenen Untergrund Riffe zu bilden begannen. Dennoch muß man annehmen, daß die miozänen Klippen während des gemeinsamen Transportes auf den Argille caotiche infolge der Schwerkraft in beschränktem Umfang eigenständige Bewegungen

auf der plastischen Gleitmasse ausgeführt haben, so daß sich ihre primäre Lage zum Alberese nicht mehr rekonstruieren läßt. Das geht z.B. aus den meterlangen Harnischspuren am SW Rand von S. Leo hervor. Die Form der Vorkommen, die sich aus den Gesteinen der Titano-Fumaiolo-Gruppe zusammensetzen, ist sehr verschieden. Klippen, die nur aus dem Kalk von S. Marino sowie der Übergangszone zum M. Fumaiolo Sandstein bestehen, sind meist pultförmig verkippt (Pennabilli, Borgnano, Montetiffi, Montemaggio usw.) oder bilden $\pm$ horizontal liegende Platten (Simoncello, Sasso di Simone - außerhalb des Aufnahmegebietes). Andere Anrisse, bei denen es sich meist um isolierte Relikte aus M. Fumaiolo Sandstein handelt, bilden kuppelartig gerundete Erhebungen.

Im Höhenzug des M. Pincio - M. della Perticara bildet der Sandstein von Perticara eine große Antiklinale, deren Flanken nach ESE und WNW einfallen. Bei Perticara schließt sich an die WNW Flanke eine enge Mulde an, deren NW Flügel in die Luft ausstreicht. Die Faltung dieser Antiklinale erfolgte ebenso wenig im Zusammenhang mit der Schrägstellung der autochthonen Sedimente in der Struktur von Perticara, wie die Verkipfung des Autochthon durch den Stau an dieser Struktur verursacht wurde. Beide Vorgänge sind räumlich wie zeitlich voneinander zu trennen. Die als Antiklinale gebaute Scholle des Sandsteins von Perticara liegt auch nicht, wie RUGGIERI (1958) zu erkennen glaubte, mechanisch befördert auf der "Formazione gessoso solfifera" des Beckens von Perticara, sondern ist fast allseitig von Argille caotiche umgeben, die ihr während der Überschiebung im Unterpliozän als Gleithorizont dienten. Nur im Gebiet um Talamello, am NE Hang des M. Pincio, besteht ein Kontakt zwischen nach SW einfallenden obermiozänen Mergeln und dem Sandstein von Perticara. Dieser Kontakt ist tektonisch, denn der Sandsteinkomplex ist hier auf die jüngeren Schichten von SW aufgeschoben worden. Ein stratigraphischer Übergang aus diesen Mergeln als älterem in den Sandsteinkomplex als jüngeres, wie ihn RUGGIERI beschrieb, besteht nicht.

Besonders interessant zur Rekonstruktion des Sedimentationsraumes, in dem die Flachwasserablagerungen der Titano-Fumaiolo-Gruppe entstanden, sind die Vorkommen von S. Marino, bei Secchiano/M. Ceti und Montebello sowie untergeordnet Torriano und S. Leo.

Die Form der Gleitdecken von S. Marino, Montebello und bei Secchiano weist, obwohl abweichend in Mächtigkeit, Größenordnung und Erhaltungsgrad den gleichen Bauplan auf. Sie sind schüsselförmig verbogen und enthalten eine Sedimentabfolge, die im Burdigal/Helvet beginnt und bis ins obere Miozän (Sarmat) reicht. Berücksichtigt man in diesen Einheiten nur die Blöcke des organogenen Kalkes, so läßt sich bereits aus deren Lage zueinander jeweils ein mehr oder weniger vollständiger Ring rekonstruieren, der die Größe und die Form des ehemaligen Riffs anzeigt. Die Aufschlüsse des M. Fumaiolo Sandsteins unterstreichen diese Gestalt. Die Form, das umlaufende Streichen und das Einfallen der Schichten ins Beckeninnere weisen darauf hin, daß es zumindest bei den drei genannten Vorkommen um in sich geschlossene Sedimentationsgebiete handelt. Deren Sedimentation begann auf Inselriffen, die nie in direkter Verbindung miteinander standen. Infolgedessen gehörten sie keiner zusammenhängenden Schwellenablagerung an, die bei Aufwölbung des Untergrundes in einzelne Schollen zerbrach.

Bemerkenswert ist, daß in allen größeren Klippen der östliche Teil der Kalkrippe sichelförmig erhalten geblieben ist, während die westliche Begrenzung nur noch durch einzelne Blöcke gekennzeichnet wird. Die Vermutung, daß die Riffe nicht ringförmige sondern $\pm$ halbkreisförmige nach W geöffnete Gestalt besaßen, muß abgelehnt werden, da sich dafür keinerlei Anhaltspunkte ergaben. Eine andere Deutung ist wahrscheinlicher. Die Ringform war ursprünglich vollständig, ist jedoch bei der Bewegung auf den Argille caotiche zerbrochen. Während sich dabei an der Front das plastische Tonmaterial staute und zu den Seiten abgedrängt wurde, wurde das Zerschneiden des manchmal nur recht schmalen Kalkkranzes weitgehend verhindert. Im "Strömungsschatten" hinter den Klippen entstanden dagegen "Turbulenzen", die bei länger anhaltendem Transport eine weitgehende Auflösung des Komplexes zur Folge hatten. Die abgebrochenen Teile blieben zurück und bildeten einen "Schweif" hinter den Klippen. Zu erkennen ist dieses Phänomen an zahlreichen kleinen Blöcken aus Kalk von S. Marino oder M. Fumaiolo Sandstein im W der Vorkommen. Es liegt die Vermutung nahe, daß auch die Klippen von Montemaggio bzw. Borgnano zu S. Marino bzw. zu Secchiano/M. Ceti gehörten.



Abb. 16: Verteilung der Vorkommen der Titano-Fumaiolo Gruppe auf den Argille caotiche

Die Beobachtungen stellen ein weiteres Indiz für das Vordringen des Allochthon von SW nach NE dar.

Das Vorkommen des M. Fumaiolo besitzt die gleiche Ausbildung. Auch hier wurde eine flache Schüsselform festgestellt, deren E Begrenzung aus organogenem Kalk besteht. Nur die Klippe von La Verna macht eine Ausnahme. Der Kalk liegt im W, der hangende Sandstein im E. Da man auch für diese Gleitdecke eine Bewegung auf den Argille caotiche annehmen kann, erscheint es unter Voraussetzung des gleichen Transportmechanismus wie bei den Klippen des Marecchiatals möglich, daß La Verna in SW Richtung transportiert wurde. Das ist auch in Einklang zu bringen mit der Herkunft der miozänen Gleitdecken, die in einer Schwellenregion im ursprünglichen Bereich des Mandriolisandsteins angenommen wird.

Eine abweichende Stellung nimmt das Gebiet zwischen Strigara - Uffogliano und Torriana ein. Der größte Teil dieser Zone wird von Sedimenten bedeckt, die im Obertorton oberhalb der Diskordanz direkt auf den Argille caotiche einsetzen und aus dickbankigen grobklastischen Sandsteinen sowie zunehmend zum Hangenden aus Sandmergeln und Sandkalken aufgebaut sind. Nur im äußersten E besteht eine Verbindung mit den Sedimenten in Riff-Fazies (Torriana). Das Gebiet ist von zahlreichen NW-SE bzw. SW-NE verlaufenden Störungen durchzogen, durch die in scheinbar regelloser Verteilung schwach geneigte Platten des oberen Miozän neben sinusförmig gefalteten überwiegend sandigen Vorkommen des Obertorton zu liegen kommen. Der gesamte Komplex stellt ein im Flachmeerbereich gebildetes Sedimentationsbecken dar, das sich auf den Argille caotiche in einer weiter extern gelegenen Zone als die Ablagerungsgebiete der Riffsedimente bildete. Die Zerstückelung erfolgte während des Transportes auf den Argille caotiche im Unterpliozän.

3.2.2. Carpegna-Alberese

Die Gleitscholle des Carpegna-Alberese ist nur wenig gefaltet und mag ursprünglich ähnlich wie einige der miozänen Klippen schüsselförmig verbogen gewesen sein. Aller Wahrscheinlichkeit nach entstammt sie aber einem anderen Sedimentationsraum als diese. Während des Transportes des Olisthostroms zerbrach die

Platte und da sie zu dieser Zeit weitgehend eine Hochfläche darstellte, wurde sie stark von der Erosion angegriffen.

Auch die Albereseplatte hat Bewegungen auf den Argille caotiche ausgeführt und ist dabei der Schwerkraft folgend über eine nicht genau bestimmbare Distanz selbständig gerutscht. Dabei kam es innerhalb der Scholle zu Dehnungserscheinungen, die sich am M. Carpegna in zahlreich auftretenden kalkspatgefüllten Fiederspaltenspalten widerspiegeln. Die Kontakte zu den liegenden Argille caotiche sind durch die Abscherungsvorgänge weitgehend zerstört. Nur wenige Stellen zeigen auf, daß es sich um stratigraphisch aufeinanderliegende Serien handelt, so z.B. bei Pugliano, Sartiniano und im Rio Gavo. Diese Lokalitäten zeigen, daß an der Basis des Alberese die typischen Kalk-Mergel Wechsellagen immer häufiger von bunten, roten oder dunkelgrauen zerscherten Ton-schichten unterbrochen sind, die in ihrer faziellen Ausbildung dem allgemeinen Bild der Argille caotiche gleichen. Dadurch wird die Abscherung in diesen Horizonten stark begünstigt. Die Tone sind sämtlich fossilleer geblieben, die Kalke enthalten eine dem Alberese zugehörige Mikrofauna. In anderen Aufschlüssen sind nahe der Basis des Alberese rosa Kalkmergel zu beobachten, die PRINCIPI (1925) mit der "scaglia rosata" der Kreide analysierte.

Der Alberese wird heute randlich an vielen Stellen von den chaotisierten bunten Tonmergeln überlagert. Dadurch wird eine umgekehrte stratigraphische Abfolge vorgetäuscht, die jedoch mit dem Aufgleiten franösen Materials oder mit dem seitlichen Aufpressen der plastischen Masse auf das kompetente Gestein erklärt werden muß.

3.2.3. M. Ercole-Sandstein

Die kaum gefaltete Platte des M. Ercole/M.S. Silvestro stellt eine nach SW einfallende Pultscholle- ähnlich einiger Kalkklippen der Titano-Fumaiolo-Gruppe dar. Da ihr Alter mit Aquitan bestimmt werden konnte, kann sie jedoch weder dieser Gruppe noch dem Alberese zugeordnet werden, sondern muß als gesonderter Komplex betrachtet werden. Wie im Kap. E 3.2. angeführt wurde, kann man als wahrscheinlich gelten lassen, daß sie der Olistholithgruppe III angehört und von den Argille caotiche

beim Transport aufgenommen wurde. Der Weitertransport in das heutige Gebiet geschah dann auf die gleiche Weise wie bei den Gleitdecken der anderen allochthonen Gruppen.

Der Gesamtkomplex streicht mit etwa 15° . An großen Störungen und Verwerfungen ist die Platte in einzelne riesige Blöcke zerbrochen, von denen einige schon um mehr als 1 km von der Hauptmasse entfernt sind. Dieser Bewegungsvorgang muß z.T. auf rezente hangabwärtsgerichtete Rutschungen (in Verbindung mit "frane") zurückgeführt werden, kann untergeordnet aber auch im gleichen Maße gedeutet werden, wie die zurückgebliebenen Blöcke der Titano-Fumaiolo-Gruppe.

4. Neoautochthon

Nur die Schichten, die transgressiv nach der Überschiebung im Unterpliozän auf das Olisthostrom übergreifen, rechtfertigen die Bezeichnung "Neoautochthon". Im Bereich des Marecchiatal's handelt es sich um die mittel-oberpliozänen Mergelschichten von Domagnano östlich von S. Marino und Verucchio. Da sie von keiner Faltung mehr erfaßt wurden und kaum mehr verformt wurden, zeigt sich, daß die tektonische Phase zum Ende des Unterpliozän weitgehend beendet war. Die Schichten wurden während der Hebung des Gebietes lediglich leicht verkippt und fallen generell flach nach NE ein.

5. Die Störungssysteme

Da sowohl die autochthone Abfolge, die Gesteine der allochthonen Gruppen sowie das Neoautochthon von gleichgerichteten großen Störungen durchzogen werden, hängen die meisten der auftretenden Störungen mit der Hebung des Gebirges im Oberpliozän und Pleistozän zusammen, oder sind während dieser Phase verstärkt fortgesetzt worden. Sie stellen überwiegend postparoxysmale Dehnungsstörungen dar. Der dabei beobachtete vertikale Versatz ist jedoch gering und erreicht bei weitem nicht die Beträge die in inneren Zonen des Apennin gemessen wurden.

Die markanteste aller vorkommenden Störungen hat eine SW-NE gerichtete Erstreckung und spiegelt sich am eindrucksvollsten in den Flußläufen von Marecchia und Savio sowie im Torrente Fanantello wieder. Eine gleichgerichtete Störung läßt sich weiterhin gut in der Antiklinale des M. Pincio beobachten.

Die Fortsetzung davon besteht im W Rand des M. Ercole, wo ihr Verlauf durch den geradlinig verlaufenden Abbruchrand des über 2 km langen Bergsturzes nahe S. Agata Feltria eindrucksvoll unterstrichen wird. Weiterhin ist die Störung nach SW in die Marecchia-Serie bei La Villa zu verfolgen. In den dazwischenliegenden Bereichen hebt sich der Verlauf dieser Störung nicht ab oder ist nur ganz schwach aus der Morphologie zu erkennen, da die plastisch reagierenden Argille caotiche den auf sie einwirkenden Druck rasch auffangen und verschlucken.

Eine andere, ebenfalls deutlich hervortretende Störungsrichtung ist mit den Zuflüssen zu den genannten Flüssen gegeben. Sie ist in den Bächen T. Messa, T. Prena, T. Mazzocco, R. Nasseto, T. Chiusa, T. Fanante usw. am stärksten ausgeprägt und steht auf der SW-NE gerichteten Störungslinie etwa senkrecht. Diese beiden Systeme zerteilen alle im Gebiet auftretenden Serien gleichermaßen in rhomboedrische Einheiten und müßten auf Luftbildern, die dem Verf. leider nicht zur Verfügung standen, einprägsam zu erkennen sein.

Entlang der westlichen Zufahrtstraße nach Talamello sind die Aufschlüsse des Sandsteins von Perticara von zahlreichen um 100° streichenden Verwerfungen zerteilt. Nahe der Kapelle wurde an einer fast 20 cm weit klaffenden Spalte der Wert 95/55 N ermittelt. Der nördliche Schichtstoß ist an dieser Störung gegen das südliche Schichtpaket um 1 m versetzt. Er weist gegenüber dem südlichen Teil, der bis zur Bruchlinie völlig unverformt geblieben ist, eine nach oben gerichtete Schleppung auf.

An der Südseite der Rocca di Maioletto wurde mit ca. 50 m der größte Versatzbetrag des Arbeitsgebietes beobachtet. Auch hier ist der nördliche Teil des Aufschlusses gegen den südlichen abgesenkt, so daß dickbankige molasseartige Sandsteine (Typ Sdst. v. Perticara) neben dem stratigraphisch Hangenden (Sdst.-Mergel Wechsellage) zu liegen kommen. Beide Schichtpakete zeigen Schleppung.

Im Saviotal treten synthetische Störungen und Verwerfungen auf, die parallel zum Achsenstreichen der Serie von Mercato Saraceno verlaufen. Ihre Entstehung ist mit der Gleitfaltung des Oberorton verbunden.

6. Zur Herkunft des Allochthon

An der Allochthonie der Argille caotiche und der auflagernden Olistholithe besteht ^{kein} Zweifel. Die Überschiebungsrichtung von SW nach NE kann anhand der genannten Indizen ebenfalls als gesichert gelten. Fragwürdig bleibt hingegen das Herkunftsgebiet der allochthonen Massen, da ihre Verbindung mit dem Ursprungsgebiet nicht mehr besteht. Eine vollständige Klärung dieses Problems aus dem Arbeitsgebiet des Verf. erscheint nicht möglich.

Wie in Kap. D 3 erläutert wurde, ist nach Auffassung italienischer Geologen das Wurzelgebiet der allochthonen Gesteine in Argille scagliose- und Alberese-Fazies in den ligurischen Sedimentationsraum zurückzuverlegen. Zu diesen ligurischen Einheiten gehören auch die Argille caotiche und der Carpegna-Alberese des Arbeitsgebietes, die unter diesen Voraussetzungen eine Gleitstrecke von 200-250 km zurückgelegt haben müssen.

Da jedoch zahlreiche Gesichtspunkte für die Existenz eines dritten Sedimentationstrogos (emilianisch) (REUTTER + SAMES 1962) neben dem toskanischen und ligurischen Raum sprechen, wird die Theorie diskutiert, daß die allochthonen Sedimente nicht nur dem ligurischen, sondern auch dem emilianischen Trog entstammen können.

Unter Bezugnahme auf diesen Faziesraum scheint folgende Annahme möglich zu sein: Zwischen den Sedimentationströgen der "Umbro-Markiden" (Formazione marnoso arenacea s.l.) und den "Emilianiden" (Em. I $\doteq$ M. Modino-M. Cervarola Einheit) könnte eine Schwellenzone mit emilianischen Gesteinen (Argille caotiche und Alberese der Sporno- oder ? Morello Einheit) existiert haben, von der Sedimente nach NE verfrachtet wurden und nach einer Überschiebung von 40-50 km über das Autochthon der umbro-markischen bzw. romagnolischen Serien den E Rand des Apennin erreicht haben. Betrachtet man die Flachwassersedimente der Titano-Fumaiolo-Gruppe des Marecchiatales, die einwandfrei auf den Argille caotiche sedimentiert wurden, so scheint eine solche Schwelle zumindest während der Zeit zwischen oberem Burdigal/Helvet bis Obertorton nicht ausgeschlossen. Diese Schwellenfazies wäre natürlich gleichbedeutend mit einer Randfazies der "Formazione marnoso arenacea", im italienischen Sinne.

Eine weitere Annahme besteht in einer Kombination zwischen diesen beiden Theorien. Argille caotiche und der stratigraphisch auflagernde Alberese könnten danach einer ligurischen Zone entstammen. Vor dem Oberburdigal könnten sie in die Zwischenzone zwischen "Umbro-Markiden" und emilianischer M. Modino-M. Cervarola Einheit geglitten sein und dort in einem Ruhestadium auf einem sich herausbildenden Schwellenbereich verharret haben, bis sie bei Reaktivierung der Hebung weiter nach E abrutschten. Die Gesteine der Titano-Fumaiolo-Gruppe wurden in der genannten Zwischenzone sedimentiert und sind weder ligurisch noch exakt emilianisch. Man könnte sie als allochthon gewordenes Neoautochthon oder als Neoallochthon bezeichnen.

7. Ablauf und Alter der Bewegungen

Die jungen miozänen Sedimente des Arbeitsgebietes erlauben nur begrenzte Aussagen über den orogenetischen Ablauf der weiter intern gelegenen Zonen. Da die tektonische Entwicklung des Nordapennin aber von intern nach extern verläuft, sei auf eine Reihe von Arbeiten des Geol. Institutes der F.U.B. hingewiesen, die diese Gebiete behandeln.

Der älteste noch faßbare Vorgang ist daher auch nicht aus den autochthonen Serien abzulesen, sondern von den überschobenen allochthonen Einheiten. Es handelt sich dabei um die Platznahme der Argille scagliose (A. caotiche) und der eozänen Kalkmergelfolge (Alberese) W des sich einsenkenden miozänen Romagna-Flyschtroges. Dabei spielt es keine Rolle, ob man diesen Serien eine ligurische oder emilianische Herkunft (vergl. Kap. E. 6) zumißt. Bei ligurischer Zugehörigkeit müßten sie dann jedoch ehemals in Verbindung mit der Kalk-Ton-Serie gestanden haben, bei emilianischer Abkunft müßte ein Übergang in die scaglia cinerea, die den Untergrund des romagnolischen Miozän bildet, bestanden haben.

Der Zeitpunkt der Platznahme am Westrand des romagnolischen Faziesbereiches sollte nicht später als im mittleren Burdigal stattgefunden haben, da vieles darauf hinweist, daß der Sedimentationsbeginn des Riffkalkes etwa im oberen Burdigal zu sehen ist. Mit einer größeren Schichtlücke ist nicht zu rechnen.

Die erste tektonische Bewegung, die in den autochthonen Serien nach der Absenkung des Flyschtroges festzustellen ist, ist eine kurze Hebungsphase im Obertorton, die vom Internrand des Troges ausgeht und sich nach NE ausdehnt. Da die "Formazione marnoso arenacea" vorher keinem Faltungsvorgang unterlag, kommt es bei diesem Hebungsprozeß lediglich zu Gleitfaltenbildungen und geringfügigen Verschuppungen, die sich in Form von imbrizierenden Antiklinalstrukturen widerspiegelt. Diese Hebung hat aber auch das kurzfristige Wiedereinsetzen des Gleitvorganges des Allochthon zur Folge, das sich bei Nachlassen der Hebungstendenz an den gebildeten autochthonen Strukturen verfängt und nur noch kleine Olisthostrome in das verflachende Randbecken schicken kann. Die Hebungsphase zeigt sich in einer Winkeldiskordanz im obersten Torton, ist aber in den allochthonen miozänen Serien stärker ausgeprägt als in der gleichaltrigen autochthonen Abfolge, da sie zu dieser Zeit noch SW des Autochthon lagen und in den Hebungsvorgang stärker mit einbezogen wurden. Daß die Gleitmasse im Obertorton über eine gewisse Distanz verfrachtet wurde, geht daraus hervor, daß neben der diskordant fortgesetzten Sedimentation des obersten Torton in den miozänen Gleitdecken ähnliche Gesteine wie im Autochthon nun auch direkt auf den Argille caotiche abgelagert werden.

Der gleiche Prozeß wiederholt sich im Unterpliozän. Bereits im auslaufenden Obermiozän beginnt sich ein Randtrog einzusenken, dessen Achse im Vergleich zur mittelmiozänen Trogachse nach NE verlagert ist. Wiederum werden flyschähnliche und dann molasseartige Gesteine sedimentiert. In diesem Stadium setzt die Hebung des Internbereiches, nunmehr die Zone der mittel-obermiozänen autochthonen Serien, ein. Die Gleitmasse der Argille caotiche setzt sich erneut in Bewegung und fließt in einem Ablauf in das Becken ein. Der Zeitpunkt der Ankunft liegt im oberen Unterpliozän. Der Hebungsprozeß verursacht in gleicher Weise wie im Torton die Bildung von Rutschfalten. Nach der Platznahme des Olisthostroms setzt sich die Normalsedimentation wahrscheinlich ohne große Schichtlücke bis ins Pleistozän fort.

Die endgültige Heraushebung des Gebietes erfolgte gleich darauf.

F. ZUSAMMENFASSUNG UND ERGEBNIS

Das bearbeitete Gebiet befindet sich im Oberlauf der Marecchia und reicht von der Republik San Marino im E bis Sorbano am Savio im W. Die Geländeaufnahmen im Maßstab 1 : 10 000 kamen einer vollständigen Neukartierung gleich, da die geologische Karte von P. PRINCIPI (1933-37) veraltet war und neuere Aufnahmen des gesamten Gebietes nicht existierten.

Es konnten dabei drei tektonische Einheiten unterschieden werden, die sich in 26 durch Faunen belegbare Serien gliedern ließen. Die allochthone Einheit wurde weiter in vier Gruppen geteilt.

Das autochthone Gerüst bilden im W die bisher als Flysch bzw. weiter extern als Molasse bezeichneten Sedimente der "Formazione marnoso arenacea" mit der Marecchia-Serie und der Serie von Mercato Saraceno, in einer aufgeschlossenen Mächtigkeit von über 1000 m. Das tiefere, ebenfalls zu dieser Abfolge gehörende Schichtglied, überwiegend in Mergelfazies, ist im Aufnahmegebiet nicht mehr vertreten. Es wird die Ansicht vertreten, daß es sich zumindest in diesem Gebiet bei beiden Serien nicht um Gesteine handelt, die für die Begriffsbestimmungen Flysch bzw. Molasse typisch sind, sondern daß es sich um Übergangsgesteine zwischen diesen beiden Sedimenttypen handelt. Diese Serien umschließen das Helvet und den größten Teil des Torton. Im Obertorton werden sie diskordant von einem Schichtkomplex überlagert, in dem sich eine stark regressive Entwicklung durchsetzt, die bis zur Ablagerung von Evaporiten im Obermiozän in zurückbleibenden Lagunen reicht. Die Diskordanz befindet sich nachweislich in Schichten des Torton. Sie ist nicht mit dem Beginn des Obermiozän zu identifizieren, wie von G. RUGGIERI (1958) behauptet wurde.

Die in die obertortonen autochthonen Schichten eingeschalteten Olisthostrome sind Vorläufer einer großen vollkommen chaotisierten Gleitmasse, die das Autochthon erst zu einem späteren Zeitpunkt überschoben hat. Auch diese Erkenntnis steht im Widerspruch zu G. RUGGIERI (1958), der in den Olisthostromen Relikte einer ersten großangelegten Tortonüberschiebung sehen will, die jedoch nicht existierte.

Die obermiozänen Lagunen sind Ausgangspunkt für ein einsinken-

des Randbecken, in dem sich bis einschließlich Unterpliozän eine kontinuierliche Sedimentation ohne Diskordanz fortsetzt. Die Schichten des Unterpliozän wechseln von kalk-mergeliger Fazies zu schnell geschütteten grobklastischen Sedimenten, die bereits wieder eine zunehmende Verflachung des Meeresbodens bedeuten.

Zu diesem Zeitpunkt erfolgte die einzige in diesem Gebiet nachweisbare große Überschiebung der allochthonen Einheit. Auf einer olisthostromatischen Gleitmasse wurden Olistholithe und Gleitdecken transportiert, für die eine nach genetischen Gesichtspunkten ermittelte Dreiteilung vorgeschlagen wird.

Hauptaugenmerk verdient die im Flachwasserbereich auf den Argille caotiche entstandene Titano-Fumaiolo-Gruppe. Sie ist zeitlich der autochthonen Abfolge analog, liegt jedoch überwiegend in einer völlig abweichenden faziellen Ausbildung vor. Für die älteren Bearbeiter, die die Allochthonie dieser Gesteine nicht erkannten, ergab sich daraus die verwirrende Situation, zwei gleichaltrige Sedimentfolgen unterschiedlicher Art in einem Ablagerungsraum zu erklären. Diese auf dem chaotischen Schlammstrom transportierten mittelmiozänen Gleitdecken werden in dieser Arbeit als Schwellenfazies, die den romagnolischen Trog nach SW begrenzte, angesehen.

Die Ablagerung dieser als Titano-Fumaiolo-Gruppe zusammengefaßten Gesteine begann auf der Schwelle mit organogenen Kalken um den ebenfalls als Gleitdecke zu betrachtenden eozänen Carpegna-Alberese, der höchstwahrscheinlich zu dieser Zeit eine Hochfläche darstellte. Alberesebrekzien a.d.B. des Kalkes sprechen dafür. Der Kalk (Kalk von San Marino) bildete sich in ringförmig geschlossenen Riffen, die nie miteinander in Verbindung standen und nicht, wie bisher angenommen wurde, in einer zusammenhängenden Bedeckung, die später bei der Verfrachtung auf dem Olisthostrom zerbrochen ist.

Über eine unterschiedlich ausgebildete kalkarenitische Übergangszone wechselt die Fazies zu dickbankigen Sandsteinen (M. Fumaiolo-Sandstein), die im Obertorton diskordant von einem konglomeratischen Transgressionshorizont bzw. dessen lateralen Vertretern in sandiger Fazies abgeschnitten werden. Die Diskordanz entspricht derjenigen des Autochthon, ist in den allochthonen Vorkommen jedoch stärker ausgeprägt, da die Gleitdecken

zur Zeit der obertortonen Bewegung, die von SW nach NE verebbte, noch westlich des Autochthon lagen.

Die obermiozänen bis unterpliozänen Sedimente des Allochthon ähneln der autochthonen Abfolge, ein Zeichen, daß das Olisthstrom, das diesem Material als Gleitunterlager diente, diesem Sedimentationsraum nahelag.

Nach der Platznahme des Allochthon im Unterpliozän gelangten transgressiv mittelplioizäne bis pleistozäne überwiegend sandmergelige Sedimente darauf zur Ablagerung.

Die tektonischen Bewegungen spielten sich im wesentlichen im oberen Torton und am Ende des Unterpliozän ab.

Im Obertorton wurden durch Hebung des Interbereiches Marecchia-Serie und Serie von Mercato Saraceno durch Gleitfaltenbildungen geringfügig in sich verschuppt. An einigen größeren Störungen bildeten sich bei anhaltendem Druck aus SW Falten, deren NE Vergenz nach E ständig zunahm bis sich die Antiklinalen dachziegelartig aufeinanderlegten. Der gleiche Impuls veranlaßte die im Schwellengebiet stillliegende Gleitmasse nach NE abzugleiten, wo sie jedoch bei Nachlassen der Hebung im auslaufenden Torton erneut an den gebildeten Strukturen des Autochthon hängenblieb. Erst im Unterpliozän bildete sich erneut ein genügend großes Gefälle (Absinken der Außenzone, wieder einsetzende Hebung des Hinterlandes), so daß die Gleitmasse in ihre heutige Lage vordringen konnte. Die Hebung des Gebietes, bei dem viele durch Dehnung verursachte Störungen auftraten, erfolgte mit dem Pleistozän in allerjüngster Zeit.

G. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- AGIP MINERARIA (1957) Foraminiferi Padani (terziario e Quarternario)
Atlante Iconografico e distribuzione stratigrafica 52 Taf.
Milano
- AGIP MINERARIA (1959) Microfacies italiane (dal Carbonifero al Miocene medio) 35 S. 145 Taf.
Milano
- ALBERTI A. (1951) Osservazioni sul miocene medio e superiore nell'Appennino centrale (bacini umbro-marchigiano e abruzzese)
Boll. d. Serv. Geol. d'It. LXXII, 1
S. 101-110 Roma
- ANGELUCCI A., DE ROSA E.,
FIERRO G., GNACCOLINI M.,
LA MONICA G.B., MARTINS B.,
PAREA G.C., PESCATORE T.,
RIZZINI A., WEZEL F.C. (1967) Sedimental characteristics of some italian turbidites
Geol. Rom. VI Roma S. 345-420
- ASCOLI P. (1953) Microfauna della serie eocenica di rio Repregoso e della serie oligocenica superiore di Mombisaggio-Mongariolo (Tortona-Allessandria)
Istituto di Geol. Pal. e Geogr.
Fis. della Univ. di Milano
Milano
- ASCOLI P. (1957) Microfaune del tortoniano di Mombisaggio e delle serie pliocenica di Volpeggino
Riv. Ital. Pal. vol. LXIII n. 1
S. 3-30 Milano
- ASCOLI P. (1964) Preliminary ecological study on ostracoda from bottom cores of the adriatic sea
Reprinted from the Pubbl. staz. zool. Napoli 33 suppl., S. 213-246
- BALDACCI F., ELTER P.,
GIANNINI E., GIGLIA G.,
LAZAROTTO A., NARDI R.,
TONGIORGI M. (1967) Nuove osservazioni sul problema della falda toscana e sulla interpretazione dei flysch arenacei tipo "Macigno" dell'App. sett.
Mem. Soc. Geol. It. 6
S. 213-244 Pisa
- BANDY O.L. (1948-49) Eocene and oligocene foraminifera from little Stave Creek, Clark County, Alabama
Bulletins of American Paleontology vol. 32 No 131
S. 35-249

- BANDY O.L. (1951) Upper Cretaceous foraminifera from the Carlsbad area, San Diego County, California
Journ. of Pal. 25, 4 S. 488-513
- BARBIERI F., PETRUCCI F. (1963) I foraminiferi del tortoniano di Casatico (Parma)
Boll. Soc. Geol. It. vol. LXXXII Roma
- BARTENSTEIN H. (1953) Nachweis der zwischen 1948 und 1952 aufgestellten Foraminiferengattungen nach Familien geordnet
Paläontol. Zeitschrift 21 S. 220-232 Stuttgart
- BEHRMANN R. (1936) Die Faltenbögen des Apennins und ihre paläogeographische Entwicklung
Abh. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen H 15 125 S.
- BEHRMANN R. (1958) Die geotektonische Entwicklung des Apenninsystems
Geotektonische Forschungen 12 S. 1-99 Stuttgart
- BENEO E. (1956) Il problema delle "argille scagliose-flysch" in Italia e sua probabile risoluzione, nuova nomenclatura
Boll. Soc. Geol. It. vol. LXXV, 3 S. 53-68 Roma
- BLOW W.H. (1956) Origin and evolution on the foraminiferal genus *Orbulina* d'Orbigny
Micropaleontology vol. 2 n. 1 S. 57-70 New York
- BOLLI H. (1951) The genus *Globotruncana* in Trinidad
B.W.J. Journ. of Pal. 25, 2 S. 187-199
- BOLLI H. Zonation of cretaceous to pliozene marine sediments based on planktonic Foraminifera
S. 2-26 4 Taf.
- BOLLI H.M., CITA M.B. (1960) Globigerine e Globorotalie del Paleocene di Paderno d'Adda (Italia)
Riv. Ital. di Pal. 66, 3 S. 361-402 Milano
- BONARELLI B. (1929) Interpretazioni strutturali della regione feltresca
Boll. Soc. Geol. It. vol. XLVIII
- BONARELLI G. (1948) Discordance tra miocene e pliocene nell'Appennino settentrionale
Boll. Soc. Geol. It. 60 Roma
- BORSETTI A.M. (1962) Foraminifera planctonici di una serie cretacea dei dintorni di Piobbico (Prov. di Pesaro)
Giorn. di Geol. vol. XXIX S. 19-75

- BORTOLOTTI V. (1962) Stratigrafia e tettonica dei terreni aloctoni (ofioliti e alberese) nei dintorni di Pieve S. Stefano (Arezzo)
Boll. Soc. Geol. It. 81/3
S. 257-306 Pisa
- BORTOLOTTI V. (1964) Nota illustrativa della carta della distribuzione geografica della formazione di M. Morello (Alberese)
Boll. Soc. Geol. It. 83/4
S. 155-190 Pisa
- CHILINGAR G.V., BISSEL H.J., FAIRBRIDGE R.W. (1967) Carbonate Rocks Developments in sedimentology 9 a, 471 S. Elsevier Publ. Comp. Amsterdam - London - New York
- CITA M.B., PREMOLI SILVA I., ROSSI R. Foraminiferi planctonici del Tortoniano tipo Riv. It. Pal. vol. 71,1
S. 217-308 Milano
- CITA M.B., GELATI R. (1960) Globoquadrina Langhiana n. sp. del Langhiano-tipo
Riv. Ital. di Pal. 66 n. 2
S. 241-246 Milano
- CORATO V. (1952) Una microfauna pliocenica del subappennino romagnolo
Boll. Serv. Geol. It. vol. LXXIV
S. 155-168 Roma
- CONEDERA C., PISTOLESI A. (1958) Rilievo fotogeologico della Formazione marnoso-arenacea tra Gubbio e la Scheggia
Boll. Serv. Geol. It. vol. 80/2-3
S. 247-253
- CRESCENTI L. (1966) Sulla biostratigrafia del Miocene affiorante al confine Marchigiano Abruzzese
Estratto da Geologia Romana vol. 5
S. 1-54
- CUSHMAN J., DEADERICK W. (1944) Cretaceous foraminifera from the Marlbrook marl of Arkansas
Journ. of Pal. vol. 18 n. 4 S. 328-342
- CUSHMAN J., ELLISOR A. (1944) The foraminiferal fauna of the Anahuac Formation
Journ. of Pal. 18-19 S. 545-572
- CUSHMAN J., SIMMONSON R. (1944) Foraminifera from the Tamey Formation Fresno County, California
Journ. of Pal. 18 n. 2 S. 186-203
- CUSHMAN J., STAINFORTH R. (1951) Tertiary foraminifera of coastal Ecuador part I Eocene
Journ. of Pal. 25 n. 2 S. 129-164
- SAINELLI L. (1951) La tettonica del macigno e della formazione marnoso-arenacea fra Lizzano in Belvedere e Barberino di Mugello
Boll. Soc. Geol. It. 70,2
S. 389-401 Roma

- DIECI G. (1959) I foraminiferi tortoniani di Montegibbio e Castelvetro (app. modenese) *Paleontographia Italica* vol. 54 S. 1-113 Pisa
- DROOGER C.W. (1966) Zonation of the miocene by means of foraminifera - A review and some comments S. 40-50 in: Committee on mediterranean neogene Stratigraphy Proceedings of the third Session in Berne 1964 Leiden
- EAMES F.E., BANNER F.T., BLOW W.H., CLARKE W.H. (1962) Fundamentals of mid-tertiary stratigraphical correlation Cambridge Univ. Press 151 S.
- FAZZINI P. (1964) Geologia dell'Appennino tosco-emiliano tra il passo dei Mandrioli e il passo della Calla *Boll. Soc. Geol. It.* vol. LXXXIII fasc. 2 S. 219-258 Pisa
- FLORES G. (1959) Evidence of slump phenomena (Olistostromes) in areas of hydrocarbon exploration in Sicily 5. Wld. Petr. Congr. Proc. Sect.1 S. 259-275 Roma
- FRANKLIN E.S. (1944) Mikrofauna from the Carapita Formation of Venezuela *Journ. of Pal.* vol. 18 n. 4 S. 301-319
- FREY W. (1965) Geologische Untersuchungen im Tiber-Quellgebiet Unveröffentlichte Diplomarbeit FU Berlin
- FREY W. (1969) Zur Geologie des Grenzgebietes Alta Romagna/Casentino (Prov. Forlì, Pesaro, Arezzo) SE des Passo dei Mandrioli Diss. Freie Universität Berlin
- GASPERI G.B. de (1922) La carta geologica della Repubblica di S. Marino (a cura di G. Dainelli). In G.B. de Gasperi: "scritti vari di geografia e geologia" Firenze
- GHELARDONI R., PIERI M., LUCCHETTI L., PIRINI C. (1962) I rapporti tra macigno e marnoso arenacea fra le valli del Dolo e dell'Idice (App. tosco-romagnolo) *Boll. Soc. Geol. It.* 81/3 S. 195-229 Roma
- GIANMI E., TONGIORGI M. (1962) Les phases tectoniques néogènes de l'orogénèse alpine dans l'Apennin septentrional *Bull. Soc. Geol. Fr.* S. 7, 4-5

- GIANOTTI A. (1953) Microfauna del Pliocene superiore di Olimpia (Grecia)
Estr. d. Riv. It. di Pal. e Strat.
vol. LIX n. 1 S. 1-14
- GÖRLER K. (1967) Ein Olisthostrom in der Molise-Zone (Süditalien) als Beispiel für Re-sedimentation aus Schlammströmen
N.Jb. Geol. Paläontol. Abh. 129
S. 65-82 Stuttgart
- GÖRLER K., REUTTER K.J. (1963) Die stratigraphische Einordnung der Ophiolithe des Nordapennin
Geol. Rundschau 53 S. 358-375
Stuttgart
- GÖRLER K., REUTTER K.J. (1968) Entstehung und Merkmale der Olistho-strome
Sonderdruck aus der Geol. Rundschau
Band 57 Stuttgart S. 484-514
- GREKOFF N., MOLINARI V. (1963) Sur une faune d'ostracodes saumaitres du neogene de Castell'Arquato (emilia)
Geol. Rom. vol. II S. 1-14
- HAAF E. ten (1959) Graded beds of the northern Apennin
Diss. Groningen 102 S.
- HERM D. (1962) Stratigraphische und mikropaläonto-logische Untersuchungen der Oberkreide im Lattengebirge und Nierental
Bay. Akad. der Wissenschaften
Heft 104 119 S.
- HILLEBRANDT A. von (1962) Das Paläozän und seine Foraminiferen-fauna im Becken von Reichenhall und Salzburg
Bay. Akad. der Wissenschaften
Heft 108 182 S. München
- IACCARINO S. (1963) Il pliocene inferiore del rio Lom-basino (S. Andra Bagni-Parma)
Riv. Ital. Pal. vol. LXIX Milano
- IPPOLITO F. (1950) Alcune osservazioni sulla teoria dei cunei composti
Boll. Soc. Geol. It. 69
S. 411-418 Roma
- KIESEL Y. (1962) Die oligozänen Foraminiferen der Tiefbohrung Dobbertin (Mecklenbg.)
S. 1-123 Akademie Verlag Berlin
- KUENEN PH.H., MIGLIORINI C.J. (1950) Turbidity currents as a cause of graded beddings
Journ. Geol. vol. 58,2 S. 91-127
Chicago
- LE ROY L.W. (1948) The foraminifer *Orbulina universa* D'Orbigny, as suggested middle ter-tiary time indicator
Journ. of Pal. 22 n. 4,
S. 500-508, Menasha, Wis.

- LIPPARINI T. (1944) Studi stratigrafici e tettonici dell'Appennino settentrionale Estr. dal Boll. R. Uff. Geol. D'It. vol. LXIX S. 33-107
- LIPPARINI T. (1947-49) Studio stratigraphico e tettonico della zona di Sogliano al Rubicone (folgi di Forlì e Mercato Saraceno) Boll. Serv. Geol. St. vol. 71 S. 7-14 Roma
- LIPPARINI T. (1951) Alloctono di facies umbro-marchigiana adriatica sul bordo orientale dell'autoctono abruzzese (sona di Casoli F. 147 Lanciano) Boll. Serv. Geol. It. LXXII S. 53-60
- LIPPARINI T. (1951) Foraminiferi dell'Oligocene nel "flysch" di Cortona (Arezzo) Boll. Serv. Geol. It. vol. LXXI S. 149-154
- LOEBLICH A.R. and Collaborateurs (1957) Studies in foraminifera. United States National Museum Bulletin 215, 323 S. Washington DC
- LOTTI B. (1915) Il monte fumaiolo e le sue sorgente Boll. R. Comit. Geol. It. 45 Roma
- LUCCHETTI L. (1959) Tettonica padana Accad. Naz. dei Lincei Roma I Giacimenti Gassiferi dell'Europa Occidentale vol. II
- MALESANI P., MANETTI M. (1967) Ricerche sulle arenarie: Osservazioni su alcuni Formazioni mioceniche della Toscana e della Romagna Boll. Soc. Geol. It. vol. LXXXVI S. 213-231 Roma
- MASINI R. (1951) Perforazioni profondi nell'Appennino toscano-romagnolo Estr. dal Boll. Soc. Geol. It. vol. LXX S. 565-586
- MERLA G. (1952) Geologia dell'Appennino settentrionale Boll. Soc. Geol. It. vol. 70/1 S. 95-382 Pisa
- MERLA G. (1957) Essay on the geology of the northern Apennines with a geological map 1 : 1 000 000 Meeting on the gasfields of western Europe S. 3-30 Firenze

- MIGLIORINI C. (1943) Sul modo di formazione dei complessi tipo macigno
Boll. Soc. Geol. It. vol. 62
- MIGLIORINI C. (1945 a) Le fasi orogeniche nell'Appennino settentrionale
Boll. Soc. Geol. 64,
S. 46-48 Roma
- MIGLIORINI C. (1945 b) Sull'origine delle brecce ofiolitiche della regione appenninica settentrionale
Boll. Soc. Geol. It. 64
S. 23-25 Roma
- MIGLIORINI C. (1948) I cunei composti nell'orogenesi
Boll. Soc. Geol. It. 67
S. 29-142 Roma
- MIGLIORINI C. (1950) Osservazioni a proposito di alcune critiche dello studio: I cunei composti nell'orogenesi
Boll. Soc. Geol. It. 69
S. 419-434
- MORONI M.A. (1956) La macrofauna saheliana del Messiniano inferiore della Repubblica di San Marino
Giorn. di Geol. (2) vol. XXV
S. 81-162 Bologna
- MORONI M.A. (1957) Le malacofaune del miocene medio di Montebello (App. riminese)
Giorn. di Geol. (2), vol. XXVI
S. 141-154 Bologna
- NAPOLI-ALLIATA E. di (1944) Esame paleontologico di alcuni Campioni della formazione marnoso-arenacea umbro-romagnola
Boll. Soc. Geol. It. 62
S. 44-46 Roma
- NAPOLI-ALLIATA E. di (1950-51) Considerazioni sulle microfaune del miocene superiore Italiano
Riv. Ital. di Pal. 57
S. 91-122
- NARDI R., TONGIORGI M. (1962) Contributo alla geologia dell'Appennino tosco-emiliano
Boll. Soc. Geol. It. 81 /3
S. 1-76 Roma
- NARDI R. (1964) Contributo alla geologia dell'Appennino tosco-emiliano III
Boll. Soc. Geol. It. 83,2
S. 361-372 Pisa
- NARDI R. (1965) Schema Geologico dell'Appennino tosco-Emiliano tra il monte Cusna e il Monte Cimone e considerazioni sulle unita Tettoniche dell'Appennino
Boll. Soc. Geol. It. vol. 84
Fasc. 5 S. 35-92 Pisa

- NELLI B. (1907) Il miocene del monte titano nella Repubblica di S. Marino
Boll. Soc. Geol. It. 26 Roma
- PANTANELLI D. (1883) Sezioni geologiche nell'Appennino modenese e reggiano
Boll. R. Comitato Geol. d'It. serie 2 vol. 4 S. 197-230
- PASSERINI P. (1958) Osservazioni sui terreni alloc-toni dell'alta Valle del Savio
Boll. Soc. Geol. It. vol. 77,2 S. 76-95 Pisa
- PETTERS V., GANDOLFI R. (1948-49) Contributo alla conoscenza dei foraminiferi oligocenici nel versante nord dell'Appennino settentrionale
Riv. Ital. di Pal. 54, 55
- PETTIJOHN F.J. (1957) Sedimentary rocks
2. Aufl. 718 S. New York
- PETTIJOHN F.J. + POTTER P.E. (1964) Atlas and glossary of primary sedimentary structures
Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 370 S.
- PIRINI C. (1961) Contributo paleontologico allo studio dell'Appennino settentrionale
Boll. Soc. Geol. Ital. 80,1 S. 111-138
- PRINCIPI P. (1924) I terreni terziari dell'alta valle del Tevere
Boll. Soc. Geol. It. vol. XLIV,1 Roma
- PRINCIPI P. (1924) Nuove Osservazioni sulla geologia dell'alta valle del Tevere
Atti R. Acc. Naz. Lincei Rend. Cl. Sci. Fis. Mat. e Nat. ser. 5, 33 S. 503-508
- PRINCIPI P. (1925) I terreni terziari dell'alta valle della Marecchia
Boll. Soc. Geol. It. vol. XLIV Roma
- PRINCIPI P. (1925) Osservazione sulla geologia dell'alta e media valle del Savio
Atti R. Acc. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sci. fis. Mat. e Nat. 6/2
- PRINCIPI P. (1930) I terreni terziari della regione compresa tra il bacino del Mugello e la valle del Reno App. Tosco-Bologne
Boll. Soc. Geol. Ital. vol. 49 S. 161-169
- PRINCIPI P. (1934) Relazione al rilevamento geologico del quadrante al 50 000 Pennabilli appartenente al foglio 108 della carta d'Italia
Boll. Com. Geol. vol. LIX

- PRINCIPI P. (1936) Relazione al rilevamento geologico del quadrante al 50 000 Mercato Saraceno
Boll. R. Uff. Geol. It
- PRINCIPI P. (1938) Relazione al rilevamento geologico del quadrante S. Agata Feltria
Boll. R. Uff. Geol. It. vol. 63
- PROTO DECIMA F., ZORZI P. (1965) Studio micropaleontologico stratigrafico della serie Cretaceo-terziaria del Molinetta di Ricerche
Padova
- RAU W.W. (1948) Foraminifera from the Porter Shale Formation Grays Harbor County, Washington
Journ. of Pal. 22 n.2 S. 152-174
- RAU W.W. (1948) Foraminifera from the Miocene Astoria Formation in SW Washington
Journ. of Pal. 22 n. 6 S. 774-782
- REISS Z., GVIRTZMANN G. (1964) Subsurface neogene of stratigraphy of Israel
S. 312-346 in: Committee on mediterranean neogene stratigraphy, Proceedings of the third Session in Berne 1964, Leiden 1966
- REUTTER K.J. (1961) Zur Stratigraphie des Flysches im ligurischen Apennin
N.J.B. Geol. Pal. Abh. 11
S. 563-588 Stuttgart
- REUTTER K.J., SERPAGLI E. (1961) Micropaleontologia stratigrafica sulla "Scaglia Rossa" di val Gardana (Pontremoli, App. sett)
Estratto dal Boll. d. Soc. Ital. It. vol. 1 S. 1-10 Modena
- REUTTER K.J., SAMES C.W. (1964) Fazieszusammenhänge im Nordapennin
Z.D.G.G. 114/3 S. 620-646 Hannover
- REUTTER K.J. (1965) Submarine Gleitungs- und Resedimentationsvorgänge am Beispiel des Monte Modino (Nord-Apennin)
Festschrift Max Richter S. 167-183 Clausthal Zellerfeld
- REUTTER K.J. (1968) Die tektonischen Einheiten des Nordapennins
Sonderdruck aus Eclogae Geol. Helv. vol. 61 Nr. 1 S. 183-224
- RICCI LUCCHI F. (1964) Ricerche sedimentologiche sui lembi alloctoni della Val Marecchia
Estr. dal Giorn. di Geol. ser. 2a 32,2 S. 543-626 Bologna
- RICCI LUCCHI F., D'ONOFRIO (1967) Trasporti gravitativi sinsedimentari nel tortoniano dell'Appennino Romagnolo (Valle del Savio)
Estr. dal Giorn. di Geol. Ser. 2a 34,1 S. 1-30 Bologna

- RICCI LUCCHI F., VEGGIANI A. (1967) I calcari a Lucina della Formazione marnoso-arenacea romagnola (nota preliminare)
Estr. dal. Giorn. di Geol. Ser. 2a 34,1 S. 1-11 Bologna
- RIEDL R. (1963) Fauna und Flora der Adria
Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin
- RIGO DE RIGHI F. (1957) Olistostromi neogenici in Sicilia
Boll. Serv. Geol. It. 75,3
S. 185-215 Roma
- RICHTER M. (1960) Beziehungen zwischen ligurischen Alpen und Nordapennin
Geol. Rundschau 50, S. 529-537 Stuttgart
- RICHTER M. (1962) Das Alter der Serpentinite östlich von Florenz
N. Jb. Geol. Paläont. M.h. S. 130-142 Stuttgart
- RICHTER M. (1962) Alpen, Apennin und Dinariden
N.J.B. Geol.Pal. Mh. 9 S. 466-480 Stuttgart
- RICHTER M. (1963) Der Bauplan des Apennins
N.J.B. Geol.Pal. Mh. 9 S. 509-517 Stuttgart
- RONCHETTI C. R. (1955) I foraminiferi del deposito elveziano di Dogliani (Cuneo)
Estr. dalla Riv. It. di Pal. e Strat. vol. LXI n. 4 S. 1-10 Milano
- RUGGIERI G. (1939) Il Calabriano dell'Appennino romagnolo
Rend.R.Acc. d'It.Cl.Sc.fis.Mat. e Nat. ser. VII vol. 1 Roma
- RUGGIERI G. (1950) Tracce di trasgressione medio-plioceniche nell'Appennino Romagnolo
Boll. Soc. Geol. It. 69 S. 65-68 Roma
- RUGGIERI G. (1950) Gli ultimi capitoli della storia geologica della Romagna
Studi Romagnoli vol. 1 Faenza
- RUGGIERI G. (1953) Il lembo parautoctono di Montebello (val Marecchia)
Boll. Serv. Geol. It. 75/2, S. 615-632 Roma
- RUGGIERI G. (1954) Risultati della campagna di rilevamento 1953
Boll. Serv. Geol. It. 75 S. 792-794 Roma
- RUGGIERI G. (1955) Orizzonti con fazies "Saheliano" nel Messiniano di S. Marino
AttiAcc.Sc.Ist. Bologna
Cl.Sc.fis.Rend.ser.XI Bologna

- RUGGIERI G. (1955) Contributo alla conoscenza della geologia della Repubblica di San Marino
Giorn. di Geol. (2), 25
S. 49-80 Bologna
- RUGGIERI G. (1956) L'arrivo delle argille soagliose sul margine padano dell'Appennino
Boll. Soc. Geol. It. 75/3
S. 41-48 Roma
- RUGGIERI G. (1957) L'interesse paleontologico della Romagna
Estr. "Studi Romagnoli" vol. VIII
Faenza
- RUGGIERI G. (1958) Gli esotici neogenici della colata gravitativa della val Marecchia (Appennino romagnolo)
Atti Acc. Sci. Lett. e Arti Pal. ser. 4 vol. 17 S. 49-205
Palermo
- RUGGIERI G! (1960) La Genesi della formazione "gessoso solfifera"
Riv. Miner. Siciliana n. 26
Palermo
- RUGGIERI G. (1961) Alcune zone biostratigrafiche del pliocene e pleistocene italiano
Riv. It. Pal. e Str. vol. LXVII n. 4
Milano
- RUSCELLI M.A. (1956) La serie aquitanino-elveziano del Rio Mainia (Asti)
Estr. dalla Riv. It. di Pal. e Strat. vol. LXII n. 2
S. 11-108 Milano
- SACCO F. (1894) L'Appennino settentrionale
parte 3
Boll. Soc. Geol. It. vol. XIII
S. 186-232
- SACCO F. (1899) L'Appennino settentrionale,
parte 4 (L'App. della Romagna)
Boll. Soc. Geol. It. vol. XVIII
S. 354-420 Roma
- SACCO F. (1936) Cenni sulla geologia dell'Appennino tosco-romagnolo
Boll. Soc. Geol. It. Vol. LV
S. 311-318
- SAMES C.W. (1965) Zur Bildung konglomeratischer Mudflows und gradiertes Konglomerate
Max Richter Festschrift S. 185-202
Clausthal Zellerfeld
- SEILACHER A. (1953) Geologische Bedeutung fossiler Lebensspuren
Zeitr. d. D.G.G. 105, S. 215-227
Hannover

- SELLI R. (1950) I caratteri geologiche della regione marchigiana
Giorn. Geol. vol. XXI t. III
S. 99-125 Bologna
- SELLI R. (1952) Su un livello guida del Messiniano Romagnolo Marchigiana
Atti VII Conv. Naz. Metano, 1
S. 195-198 Taormina
- SIGNORINI R. (1935) Linee tettoniche trasversali nell'Appennino settentrionale
Atti R. Acc. Naz. dei Lincei Rend. Cl. Sc. Fis., mat. e nat.
Ser. 6 vol. XXI, 1 S. 42-45
Roma
- SIGNORINI R. (1936) Determinazione del senso di sedimentazione degli strati nelle formazioni arenacee dell'Appennino settentrionale
Boll. Soc. Geol. It. vol. 55
S. 259-265 Roma
- SIGNORINI R. (1936) Osservazioni geologiche sul bordo settentrionale del Casentino
Boll. Soc. Geol. It. vol. 55
S. 283-284 Roma
- SIGNORINI R. (1940) Sulla tettonica dell'Appennino romagnolo
Atti R. Acc. d'It. Rend. Cl. Sc. fis. mat. e nat. ser. 7, vol. 1,8
S. 370-383 Roma
- SIGNORINI R. (1941) Struttura dell'Appennino tra la val Tiberina e l'Urbinate
Giorn. di Geol. 15 ser. 2
S. 17-29 Bologna
- SIGNORINI R. (1943) Sull'ambiente di sedimentazione della formazione marnoso-arenacea romagnola
Boll. Soc. Geol. It. vol. 62
S. 41-42 Roma
- SIGNORINI R. (1943) Sull'età della formazione marnoso-arenacea umbro-romagnola
Boll. Soc. Geol. It. vol. 62
S. 42-44 Roma
- SIGNORINI R. (1945) La successione delle facies del miocene nell'Appennino centrale e settentrionale
Boll. Soc. Geol. It. 64
S. 30-32 Roma
- SIGNORINI R. (1945) Sull'inizio della sedimentazione arenacea nell'App. centrale e settentrionale
Boll. Soc. Geol. It. 64
S. 27-30 Roma

- SIGNORINI R. (1946) Il lembo di ricoprimento del Monte Fumaiolo nell'App. romagnolo
Atti Acc. Naz. Lincei, Rendic.
Cl. Sc. fis. Mat. e Nat. ser. 8
vol. 1 S. 853-859
- SIGNORINI R. (1946) Il lembo di ricoprimento del Monte Comero e del Carnaio nell'Appennino Romagnolo
Atti Acc. Naz. Lincei, Rendic.
Cl. Sc. fis. Mat. e Nat. ser. 8
vol. 1 S. 860-864
- SIGNORINI R. (1947) Trasgressioni post-mioceniche sul bordo esterno dell'Appennino
Boll. Soc. Geol. It. vol. LXVI
S. 8-12 Roma
- SIGNORINI R. (1956) Tipi strutturali di scendimento e argille scagliose
Boll. Soc. Geol. It. 75
S. 69-89 Roma
- STEINMANN G. (1907) Alpen und Apennin
Zeitschr. Deutsche Geol. Ges. 59,
Mh. 8/9 S. 177-183
Berlin
- STERN W. (1965) Geologische Untersuchungen im Raume zwischen M. Carpegna und S. Agata Feltria
Provinz Pesaro/Urbino, Italien
unveröff. Diplomarbeit F.U. Berlin
- STILLE H. (1927) Die sogenannte Rückfaltung des Apennin
Nachrichten der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen
S. 292-312
- STRUENSEE G. von (1967) Zur Stratigraphie und Tektonik des oberen Renotales Prov. Bologna und Pistoia (Italien)
Diss. Freie Universität Berlin
156 S.
- SÜSS W. (1964) Stratigraphische Untersuchungen in der Umgebung von La Verna (Provinz Arezzo)
unveröff. Diplomarbeit F.U. Berlin
- TAPPAN H. (1943) Foraminifera from the Duck Creek formation of Oklahoma and Texas
Giorn. of Pal. vol. 17 n. 5
S. 476-517
- TEICHMÜLLER R., QUITZOW H.W. (1935) Die Beziehungen zwischen dem nord-apenninen und dem kalabrischen Deckenbau
Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl. 3. Folge
13, S. 181-186 Göttingen

- TRUEMPY R. (1960) Paleotectonic evolution of the central and western alps
Bull. Soc. Geol. Am. 71 S. 843-908
- VEGGIANI A. (1955) Intercalazioni di ciottoli cristallini nella formazione marnoso arenacea romagnola
Gior. di Geol. ser. 2 vol. XXV 1953
S. 178-181 Bologna
- VEGGIANI A. (1961) Fenomeni carsici nella formazione gessoso-solfifera di Sapigno e Maiano (S. Agata Feltria)
Le Grotte d'Italia ser. 3 vol. III 1959-60 Trieste
- VENZO G. (1954) Il miocene a fazies marchigiana dell'Urbinate occidentale
Estratto dagli atti della Soc. toscana di scienze naturali, Ser. A, Mem. 61, S. 1-23 Pisa
- VENZO S., PELOSIO G. (1963) La Malacofauna Tortoniana del Colle di Vigoleno (Preappennino Piacentino)
Palaeontographia Italica vol. LVIII pag. 43-213 Pisa
- VENZO S. (1964) Le nuove conoscenze sul Neogene dell'Emilia occidentale
Boll. Soc. Geol. It. 83/3
S. 311-314 Roma
- VERVLOET C.C. (1966) Stratigraphical and micropaleontological data on the tertiary of Southern Piedmont (n. Italy)
- WIJKERSLOOTH P. de (1934) Bau und Entwicklung des Apennins, besonders der Gebirge Toscanas
Geol. Inst. Amsterdam 426 S.
- ZAPPI L. (1961) Il pliocene di Castel Ventura
Estratti dagli Atti della Società Italiana di Scienze naturali
Milano



Abb.17: Faltensättel der Marecchia-Serie mit
angedeuteter NE Vergenz im Marecchiatal



Abb.18: Rutschstrukturen im oberen Teil der
Serie von Mercato Saraceno

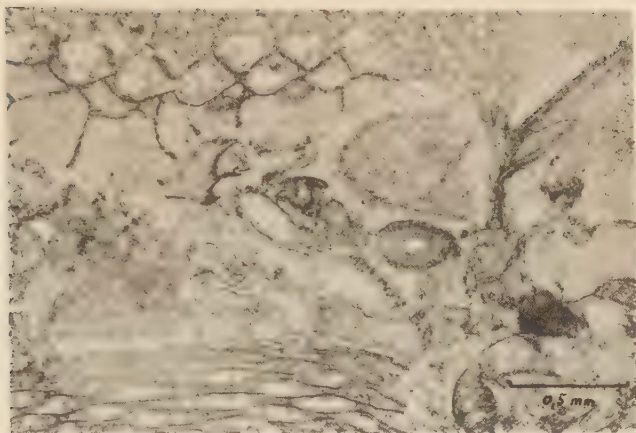


Abb.19: Schliffbild des organogenen Kalkes von San Marino(die Aufnahme zeigt einen Ausschnitt des unteren Teiles)



Abb.20: Diskordanz von Montetiffi (T. dell'Uso)

H. LEBENS LAUF

31. 3. 1939 Wolfgang Stern, geboren als Sohn des Ingenieurs
Hans-Joachim Stern und dessen Ehefrau Gertrud
in Berlin
- 1945 - 1951 Besuch der 5. Volksschule zu Berlin-Spandau
- Herbst 1951 Umschulung auf den neusprachlichen Zweig der
Freiherr-vom-Stein-Oberschule in Berlin-Spandau
4. 3. 1958 Reifeprüfung an der genannten Oberschule
16. 4. 1958 Immatrikulation an der Freien Universität Berlin
für die Fachrichtung Geologie der Mathematisch-
naturwissenschaftlichen Fakultät
26. 7. 1965 Diplomprüfung mit Hauptfach Geologie,
anschließend 9 Monate Tätigkeit bei der Firma
Siemens AG auf dem Gebiet der Meßtechnik

Meine akademischen Lehrer an der Freien Universität Berlin
waren die Herren Professoren:

Dr. M. Richter, Dr. G. Bischoff (Geologie); Dr. W.G. Kühne,
Dr. K.J. Müller (Paläontologie); Dr. K.R. Mehnert (Mineralogie);
Dr. K.F. Jahr, Dr. P.W. Schenk, Dr. W. Lautsch (Chemie);
Dr. H. Lassen (Physik); Dr. W. Ulrich (Zoologie);
Dr. H. Drawert (Botanik); Dr. J.H. Schultze (Geographie)

sowie die Herren Dozenten:

Dr. K.J. Reutter (Sedimentologie); Dr. K. Kohler (Kristallographie);
Dr. H. Liedholz (Bodenkunde); Dr. G. Hahn (Stratigraphie);
Dr. P. Giese (angew. Geophysik); Dr. A. Schneider (Fotogeologie)



